

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 00 287.0

Anmeldetag: 07. Januar 2000

Anmelder/Inhaber: Leuze lumiflex GmbH + Co,
München/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung eines
Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel

IPC: G 06 K, F 16 P, G 01 V

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. März 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Waasmaier

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Werner LEHNER et al.

Application No.: 09/755,197

Art Unit: Not Yet Assigned

Filed: April, 2001

Attorney Dkt. No.: 31833-169020

For: DEVICE AND METHOD FOR MONITORING A DETECTION RANGE ON
AN OPERATION TOOL

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of German Application No. 100 00 287.0-53 upon which a claim to priority was made under 35 U.S.C. §119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

Robert Kinberg 42,709
for Robert Kinberg
Registration No. 26,924

Venable
Post Office Box 34385
Washington, D.C. 20043-9998
Telephone: (202) 962-4800
Facsimile: (202) 962-8300

Date: June 4, 2001

RK/JAK/lrh
#277011

Leuze lumiflex GmbH + Co.

D-80993 München

5 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem
Arbeitsmittel mit wenigstens einer Kamera (5) zur fortlaufenden Erfas-
10 sung des Erfassungsbereichs (6), mit einer Auswerteeinheit, in welche
von der Kamera (5) erzeugte Bildinformationen eingelesen werden, an-
hand derer durch Vergleich mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten
Referenzbildern und/oder durch eine Farbmerkmalsanalyse sicherheits-
kritische Objekte innerhalb wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb
15 des Erfassungsbereichs (6) erfassbar sind, wobei bei Detektion wenig-
stens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone (7) das
Arbeitsmittel
über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt ist, und wobei das Ar-
beitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein
sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Schutzzone (7) befindet.
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der
Auswerteeinheit ein Schaltausgang zum Arbeitsmittel geführt ist, welcher
in Abhängigkeit davon, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der
Schutzzone (7) befindet oder nicht, einen definierten Schaltzustand ein-
25 nimmt, wobei in Abhängigkeit dieses Schaltzustands das Arbeitsmittel in
Betrieb oder außer Betrieb gesetzt ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeich-
net, dass innerhalb des von der Kamera (5) erfassten Überwachungsbe-
30 reichs neben der Schutzzone (7) wenigstens eine Warnzone (8) definiert
ist, wobei bei einem in der Warnzone (8) befindlichen sicherheitskriti-
schen Objekt über die Auswerteeinheit ein Warmmelder aktiviert wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Warnmelder über einen Warnausgang an die Auswerteeinheit angeschlossen ist, wobei der Warnmelder in Abhängigkeit des Schaltzustands des Warnausgangs aktiviert oder deaktiviert ist.
- 5
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Warnmelder ein optisches und/oder akustisches Warnsignal abgibt.
- 10
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Warnzone (8) an die Schutzzone (7) angrenzt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für ein sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Warnzone (8) dessen Bewegungsrichtung erfassbar ist.
- 15
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Aktivierung des Warnmelders nur dann erfolgt, wenn sich ein sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Warnzone (8) auf die Schutzzone (7) zu bewegt.
- 20
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 8, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils mehrere Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) vorgesehen sind, wobei jeweils einer Schutzzone (7) ein Schaltausgang und jeder Warnzone (8) ein Warnausgang zugeordnet ist.
- 25
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt ist, falls sich in wenigstens einer Schutzzone (7) ein sicherheitskritisches Objekt befindet.
- 30

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) jeweils durch Eingabe von Parameterwerten in die Auswerteeinheit dimensionierbar sind.
- 5
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) jeweils durch einen Einlernvorgang vorgebar sind.
- 10
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltzustände der Schaltausgänge und Warnausgänge durch Anzeigemittel visualisiert sind.
- 15
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 14, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Erfassungsbereichs (6) für vorgegebene Zeitintervalle Bereiche ausblendbar sind, so dass bei Eindringen sicherheitskritischer Objekte in diese Bereiche keine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über einen Schaltausgang und keine Aktivierung eines Warnmelders über einen Warnausgang erfolgt.
- 20
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 13, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens abschnittsweise geradlinig verlaufende Grenze einer Schutzzone (7) mittels eines sichtbaren Lichtstrahls visualisierbar ist.
- 25
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit mit der Kamera (5) oder den Kameras (5) über ein Sicherheitsbussystem mit der Steuerung des Arbeitsmittels verbunden ist bzw. sind.
- 30
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera (5) auf einer mechanischen Halterung formschlüssig

aufsitzt, welche unabhängig von der Kamera (5) in den drei Raumrichtungen justierbar ist.

- 5 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Kamera (5) oder jeder Kamera (5) ein aktives Eigenbeleuchtungssystem zugeordnet ist.
- 10 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel von einer Abkantpresse (1) gebildet ist, welche wenigstens ein Oberwerkzeug (3) aufweist, welches mit wenigstens einem Unterwerkzeug (4) zusammenwirkt.
- 15 20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzzone (7) die Biegelinie zwischen Ober- (3) und Unterwerkzeug (4) erfasst.
- 20 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkantpresse (1) mehrere Paare von zusammenwirkenden Ober- (3) und Unterwerkzeugen (4) aufweist, wobei jeweils eine vorgegebene Anzahl derartiger Paare von Ober- (3) und Unterwerkzeugen (4) von einer Kamera (5) überwacht wird.
- 25 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel von einer Druckmaschine (9) mit einem An- und Ausleger gebildet ist.
- 30 23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mittels wenigstens einer Kamera (5) als Erfassungsbereich (6) des An- (10) und/oder Auslegers der Druckmaschine (9) erfassbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Kamera (5) als Erfassungsbereich (6) der Papiereinzugsbereich am Anleger (10) der Druckmaschine (9) erfassbar ist.
- 5 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel von einem Arbeitsroboter gebildet ist.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 25, dadurch gekennzeichnet, dass die sicherheitskritischen Objekte von Personen gebildet sind.
- 10 27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 26, dadurch gekennzeichnet, dass die sicherheitskritischen Objekte von Händen und/oder Fingern von Personen gebildet sind.
- 15 28. Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem Arbeitsmittel mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 27 umfassend folgende Verfahrensschritte:
Mit wenigstens einer Kamera (5) wird fortlaufend ein Erfassungsbereich (6) erfasst,
20 die bei der Erfassung in der Kamera (5) erzeugte Bildinformation in Form von Farbwerten wird in eine Auswerteeinheit eingelesen,
anhand der eingelesenen Farbwerte werden sicherheitskritische Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten unterschieden,
bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb
25 wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb des Erfassungsbereichs (6) wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone (7) befindet.
- 30 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass ein von der Kamera (5) erzeugtes Bild in Form einer Matrix von Pixeln mit unter-

schiedlichen Farbwerten in die Auswerteeinheit eingelesen wird, dass in der Auswerteeinheit zur Unterscheidung der sicherheitskritischen Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten die Farbwerte mit einer Schwellwerteinheit bewertet werden, wodurch aus den eingelesenen Bildern Binärbilder erzeugt werden.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwellwerteinheit Bestandteil eines neuronalen Netzwerks ist.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Pixel eines in die Auswerteeinheit eingelesenen Bildes drei Farbwerte der Grundfarben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind, wobei in der Auswerteeinheit eine Linearkombination der einzelnen, mit vorgebbaren Gewichtungsfaktoren gewichteten Farbwerte gebildet wird, und dass die Linearkombination der Farbwerte mit der Schwellwerteinheit bewertet wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Schwellwerts oder der Schwellwerte der Schwellwerteinheit und/oder der Gewichtungsfaktoren die Farben der sicherheitskritischen Objekte in einem Einlernvorgang eingelernt werden.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 – 31, dadurch gekennzeichnet, dass bei von Personen oder Händen und/oder Fingern von Personen gebildeten sicherheitskritischen Objekten diese mit Schutzkleidung mit einer vorgegebenen Farbe bekleidet sind, wobei der Schwellwert oder die Schwellwerte der Schwellwerteinheit an die Farbe der Schutzkleidung angepasst wird bzw. werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 – 33, dadurch gekennzeichnet, dass in einem mittels der Schwellwerteinheit generierten Binärbild die sicherheitskritischen Objekte ein zusammenhängendes Gebiet von Vordergrundpixeln bilden, und dass in dem dieses Gebiet umgebenden Hin-

tergrund vereinzelte Vordergrundpixel innerhalb von Gebieten mit Hintergrundpixeln mittels morphologischer Operatoren eliminiert werden.

35. Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem Arbeitsmittel mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 27 umfassend folgende Verfahrensschritte:
Mit wenigstens einer Kamera (5) wird fortlaufend ein Erfassungsbereich (6) erfasst,
die bei der Erfassung in der Kamera (5) erzeugte Bildinformation wird in eine Auswerteeinheit eingelesen,
durch Vergleich der Bildinformation mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten Referenzbildern werden innerhalb wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb des Erfassungsbereichs (6) sicherheitskritische Objekte erfasst,
bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone (7) wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone (7) befindet.
36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung der Bilder und Referenzbilder diese durch Bewertung der Beträge der Gradienten deren Helligkeitsverteilungen in binäre Kantenbilder gewandelt werden.
37. Verfahren nach einem der Ansprüche 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzzone (7) von einem Referenzobjekt mit definiertem Kontrastmuster begrenzt ist, welches zumindest einen Teil des oder eines Referenzbildes bildet.
38. Verfahren nach einem der Ansprüche 35 – 37, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Einlernvorgangs die Bearbeitungsschritte bei der Be-

arbeitung eines ein nicht sicherheitskritisches Objekt bildenden Werkstückes (2) mit dem Arbeitsmittel mittels der Kamera (5) erfasst werden und dass zur Unterscheidung der sicherheitskritischen Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten die dabei erfassten Bilder mit den jeweiligen während des Einlernvorgangs aufgenommenen Referenzbildern verglichen werden.

5

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutz-
zonen (7) und/oder die Warnzonen (8) während der Abfolge der Bearbeitungsschritte zeitlich veränderlich sind.

10

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 – 39, dadurch gekennzeichnet, dass zur Funktionsüberprüfung in vorgegebenen Zeitabständen ein Selbsttest durchgeführt wird.

15

41. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass ein statischer Selbsttest durchgeführt wird, bei welchem das Vorhandensein vorgegebener Fixpunkte in den von der oder einer Kamera (5) generierten Bildern abgeprüft wird.

20

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 oder 41, dadurch gekennzeichnet, dass ein dynamischer Selbsttest durchgeführt wird, bei welchem zu vorgegebenen Zeiten abgeprüft wird, ob ein in die Schutzzone (7) eingebrachtes Testobjekt erkannt wird.

25

Leuze lumiflex GmbH + Co.

D-80993 München

- 5 Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel.

10

Das Arbeitsmittel kann beispielsweise von einer Abkantpresse gebildet sein, die wenigstens ein Ober- und Unterwerkzeug aufweist, welche zum Biegen und Abkanten von insbesondere als Blechteile ausgebildeten Werkstücken zusammenwirken. Hierzu wird bei einer Pressbewegung das Oberwerkzeug gegen das
15 Unterwerkzeug geführt, wodurch ein dazwischen liegendes Blechteil entlang einer Biegelinie verformt wird. Derartige Abkantpressen stellen ein hohes Gefahrenpotential für die jeweilige Bedienperson dar, da diese das Werkstück üblicherweise während der Pressbewegung manuell führen muss. Dadurch befinden sich insbesondere die Hände und Finger der Bedienperson im Bereich
20 des Ober- und Unterwerkzeugs oder im Bereich von Quetsch- und Scherstellen der Abkantpresse oder des Werkstücks, wodurch die Gefahr erheblicher Verletzungen der Bedienperson besteht.

Zur Absicherung derartiger Erfassungsbereiche werden üblicherweise Schutz-
25 einrichtungen eingesetzt, die bei einem unkontrollierten Eingriff der Bedienperson in einen derartigen Erfassungsbereich das Arbeitsmittel außer Betrieb setzen.

Derartige Schutzeinrichtungen können insbesondere als Zweihandschaltungen
30 ausgebildet sein. Diese Zweihandschaltungen schützen die Hände der Bedienperson dadurch, dass zum Auslösen und Aufrechterhalten einer gefahrbringenden Bewegung an einer Abkantpresse zwei Hebel betätigt werden müssen. Da-

durch muss die Bedienperson beide Hände an den Hebeln halten und ist so bei der Bedienung der Abkantpresse vor Verletzungen geschützt.

5 Nachteilig hierbei ist jedoch, dass weitere Personen im Erfassungsbereich ungeschützt sind. Zudem ist nachteilig, dass die Bedienperson das Werkstück während der Bearbeitung nicht mehr manuell führen kann, was als umständlich empfunden wird. Daher wird die Schutzeinrichtung oftmals von der Bedienperson außer Kraft gesetzt, um dann ungeschützt das Werkstück im Erfassungsbereich führen zu können.

10 Weiterhin werden als Schutzeinrichtungen Sicherheits-Lichtvorhänge eingesetzt. Ein derartiger Sicherheits-Lichtvorhang ist beispielsweise aus der DE 39 39 191 C3 bekannt. Diese Sicherheits-Lichtvorhänge bestehen aus mehreren Paaren von Sendern und Empfängern, welche jeweils eine Lichtschranke bilden.

15 Mit den von den Sendern emittierten und auf die jeweils zugeordneten Empfänger gerichteten Sendelichtstrahlen wird ein ebener, zweidimensionaler Überwachungsbereich abgedeckt. Damit kann erfasst werden, wenn eine Hand
20 sich einem Erfassungsbereich nähert, wobei dann das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt wird.

25 Üblicherweise ist ein derartiger Sicherheits-Lichtvorhang vertikal angeordnet und wirkt so als Zugriffsschutz an einer Abkantpresse. Bei der Bearbeitung von größeren Teilen ist es vorteilhaft, den Sicherheits-Lichtvorhang horizontal als Bereichssicherung anzuordnen. Nachteilig ist, dass zu einer kompletten Absicherung des Erfassungsbereichs an dieser Abkantpresse, insbesondere hinsichtlich des Zugriffsschutzes und der Bereichssicherung eine Vielzahl von Sicherheits-Lichtvorhängen benötigt wird. Dies stellt nicht nur einen unerwünschten hohen Kostenaufwand dar, sondern erfordert auch eine aufwendige
30

Montage, wobei oftmals nur unzureichend Platz für deren Anbringung zur Verfügung steht.

5 Die DE 196 19 688 A1 betrifft ein Verfahren zur Videoüberwachung von Bedienungsräumen, z.B. einer Presse, wobei mittels einer Videokamera der zu überwachende Bedienungsraum optisch erfasst und ein elektronisch verarbeitbares Bild des freien Bedienungsraumes erzeugt wird, das von der Kamera einem Bildprozessor zugeführt und in diesem abgespeichert wird.

10 Vor jeder Inbetriebnahme der Presse wird erneut von der Videokamera ein Bild des Bedienungsraumes aufgenommen und das erzeugte Bild im Bildprozessor mit dem abgespeicherten Bild verglichen. Die Presse kann nur dann in Betrieb genommen werden, wenn das neue Bild mit dem abgespeicherten Bild identisch ist.

15 Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass bei jeder Abweichung eines aktuellen Bildes vom Referenzbild die Presse stillsteht, selbst wenn die Abweichung keinerlei Gefahr für die jeweilige Bedienperson bedeuten würde. Ein derartiges System weist eine sehr geringe Verfügbarkeit auf, so dass die Betriebszeiten der Presse unnötig eingeschränkt werden.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zu schaffen, welches eine sichere Überwachung eines Erfassungsbereiches an einem Arbeitsmittel gewährleistet ohne dessen Verfügbarkeit unnötig einzuschränken.

25 Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale der Ansprüche 1 und 26 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungsgemäß wird zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel wenigstens eine Kamera eingesetzt, mittels derer fortlaufend der Erfassungsbereich erfasst wird.

- 5 Die bei der Erfassung in der Kamera erzeugte Bildinformation wird in eine Auswerteeinheit eingelesen.

Anhand dieser Bildinformation werden durch Vergleich mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten Referenzbildern und/oder durch eine Farbmerkmalsanalyse sicherheitskritische Objekte innerhalb wenigstens einer Schutzzone innerhalb des Erfassungsbereichs erfasst.

Bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone befindet.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung besteht darin, dass an dem Arbeitsmittel ein dreidimensionaler Erfassungsbereich erfassbar ist. Dabei können mehrere Überwachungsfunktionen von einer Kamera übernommen werden. Insbesondere lässt sich durch eine geeignete Wahl des von einer Kamera erfassten Überwachungsbereichs sowohl ein Zugriffsschutz als auch eine Bereichssicherung im Bereich des Arbeitsmittels realisieren.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass innerhalb des von einer Kamera erfassten Erfassungsbereichs sicherheitskritische Objekte, wie zum Beispiel Hände oder Finger einer Person, von nicht sicherheitskritischen Objekten unterschieden werden können. Diese Unterscheidung erfolgt zum einen durch die erfindungsgemäße Farbmerkmalsanalyse. Zum anderen können die Referenzbilder derart gewählt werden, dass diese die in einer Schutzzone befindlichen nicht sicherheitskritischen Objekte erfassen. Dann können durch Vergleich der aktu-

ellen Bildinformationen mit den Referenzbildern die sicherheitskritischen Objekte separiert und erfasst werden.

5 Prinzipiell kann zur Beurteilung, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone befindet, die Bildinformation entweder durch einen Vergleich mit Referenzbildern oder mittels einer Farbmerkmalsanalyse ausgewertet werden.

10 Besonders vorteilhaft werden die beiden Verfahren in Kombination ausgewertet. Dadurch kann die Nachweisempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erheblich gesteigert werden.

15 Beispielsweise kann die Freigabe des Arbeitsmittels nur dann erfolgen, wenn bei beiden Verfahren kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone detektiert wird. Die Gefahr einer Nichtdetektion eines sicherheitskritischen Objektes kann dadurch erheblich reduziert werden.

20 Eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über die erfindungsgemäße Schutzeinrichtung erfolgt nur dann, wenn ein sicherheitskritisches Objekt in eine Schutzzone innerhalb des Erfassungsbereichs eindringt.

25 Im einfachsten Fall erstreckt sich die Schutzzone über den gesamten von der Kamera erfassten Erfassungsbereich. Besonders vorteilhaft wird durch Eingabe von Parametern in die Auswerteeinheit oder durch einen Einlernvorgang die Schutzzone als definierter Teilausschnitt des Erfassungsbereichs dimensioniert.

Die Schutzzone kann so auf die jeweils zu erfassenden Gefahrenstellen genau zugeschnitten werden. Dadurch wird eine Überwachung in nicht sicherheitskritischen Raumbereichen vermieden, wodurch die Verfügbarkeit der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung beträchtlich erhöht wird ohne dass das Sicherheitsniveau bei der Überwachung verringert wird.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann der Schutzzone wenigstens eine Warnzone zugeordnet sein, wobei die Warnzone vorzugsweise unmittelbar an die Schutzzone anschließt. Bei Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in die Warnzone erfolgt die Abgabe eines Warnsignals, welches
5 eine Vorwarnmeldung bildet, die die Bedienperson oder Dritte vor Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in die Schutzzone warnt. Dadurch kann die Bedienperson geeignete Maßnahmen ergreifen, um ein Eindringen des sicherheitskritischen Objekts in die Schutzzone und damit ein Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels zu verhindern. Dadurch lassen sich unnötige Standzeiten des
10 Arbeitsmittels verhindern.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung können entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Applikation innerhalb eines Erfassungsbereichs auch mehrere Schutzzeiten und Warnzeiten vorgesehen sein, wobei eine Au-
15 ßerbetriebsetzung des Arbeitsmittels dann erfolgt, wenn in wenigstens einer Schutzzone ein sicherheitskritisches Objekt erfasst wird. Entsprechend erfolgt eine Warnsignalabgabe, wenn in wenigstens einer Warnzone ein sicherheitskritisches Objekt erfasst wird.

20 Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Frontansicht eines von einer Abkantpresse gebildeten Arbeitsmit-
tels mit zwei vor diesem angeordneten Kameras zur Überwachung
25 von Erfassungsbereichen.

Figur 2: Seitenansicht der Anordnung gemäß Figur 1.

Figur 3: Querschnitt durch einen Ausschnitt der Anordnung gemäß Figur 1
30 mit jeweils einer innerhalb eines Erfassungsbereichs liegenden Schutzzone und Warnzone.

Figur 4: Ein als Druckmaschine ausgebildetes Arbeitsmittel mit einer Kamera zur Überwachung eines sich über den Bereich des Anlegers und Auslegers der Druckmaschine erstreckenden Überwachungsbe-

5

Figur 5: Druckmaschine gemäß Figur 4 mit zwei Kameras zur Überwachung des Bereichs des Auslegers und des Anlegers.

Figur 6: Von einer Kamera überwachter Bereich des Papiereinzugs am Anleger der Druckmaschine gemäß Figur 4 oder 5.

10

Figur 7: Ein als Schweißroboter ausgebildetes Arbeitsmittel mit einer Kamera zur Überwachung eines Erfassungsbereichs im Zugangsbereich zum Schweißroboter.

15

In den Figuren 1 – 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines als Abkantpresse 1 ausgebildeten Arbeitsmittels dargestellt, welches mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Vermeidung von Gefährdungen einer Bedienperson überwacht wird.

20

Die Abkantpresse 1 dient zum Biegen und Formen von Werkstücken 2, insbesondere von Blechteilen. Die Formung eines Werkstücks 2 erfolgt jeweils mittels eines Oberwerkzeugs 3 und eines mit diesem zusammenwirkenden Unterwerkzeugs 4. Bei einer Pressbewegung werden das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 gegeneinander geführt, so dass ein dazwischenliegendes Werkstück 2 entlang einer Biegelinie abgekantet oder gebogen wird.

25

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die Abkantpresse 1 vier nebeneinander liegende Paare von Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 auf. Zur Bearbeitung der Werkstücke 2 werden diese üblicherweise von Bedienpersonen in vorgege-

30

benen Positionen zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 eingebracht. Dadurch besteht für die jeweilige Bedienerperson insbesondere die Gefahr von schwerwiegenden Verletzungen durch Einbringen der Hände oder Finger in den Bereich zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4. Desweiteren birgt die Bewegung
5 des Werkstücks 2 während des Pressvorgangs ein erhebliches Verletzungsrisiko der Bedienerperson.

Zur Sicherung der Bedienerperson ist die erfindungsgemäße Vorrichtung vorgesehen, welche eine berührungslose Schutzeinrichtung bildet.

10

Die Vorrichtung umfasst wenigstens eine Kamera 5, welche vorzugsweise von einer Videokamera gebildet ist. Mit dieser Kamera 5 wird entsprechend dem Öffnungswinkel der nicht dargestellten Optik der Kamera 5 ein Erfassungsbereich 6 am Arbeitsmittel erfasst. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind vor
15 der Abkantpresse 1 zwei Kameras 5 vorgesehen, wobei von jeder Kamera 5 ein Erfassungsbereich 6 erfasst wird, in welchem jeweils zwei Paare von Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 liegen.

20

Wie aus den Figuren 1 - 3 ersichtlich ist, bildet der von einer Kamera 5 überwachte Erfassungsbereich 6 einen dreidimensionalen Raumbereich, dessen Grundfläche einen rechteckigen Querschnitt aufweist. Die Längsseite des Erfassungsbereichs 6 verläuft dabei entlang der Biegelinien der im Erfassungsbereich 6 liegenden Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4. Die Querschnittsfläche des Erfassungsbereichs 6 verjüngt sich nach oben zur Kamera 5 hin entsprechend
25 dem Öffnungswinkel der Optik der Kamera 5.

30

Die Kamera 5 ist in einem Gehäuse integriert, welches formschlüssig auf einer nicht dargestellten mechanischen Halterung so aufsitzt, dass diese schräg oberhalb der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 angeordnet ist. Zur Ausrichtung der Kamera 5 auf die Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 ist die mechanische Halterung
in allen drei Raumrichtungen justierbar. Die Justierung erfolgt dabei unabhän-

gig von der Kamera 5, so dass auch bei einem Auswechseln der Kameras 5 an der Halterung die Justierung erhalten bleibt.

5 Jeder Kamera 5 kann ein nicht dargestelltes Eigenbeleuchtungssystem zugeordnet sein, um eine gleichmäßige Ausleuchtung des jeweiligen Erfassungsbereichs 6 zu erhalten.

10 In dem Gehäuse der Kamera 5 ist eine ebenfalls nicht dargestellte Auswerteeinheit zur Auswertung der von der Kamera 5 genannten Bildinformationen vorgesehen. Die Auswerteeinheit ist von einem Mikroprozessor oder dergleichen gebildet.

15 In der Auswerteeinheit werden die Bildinformationen derart ausgewertet, dass sicherheitskritische Objekte erfasst werden können. Insbesondere erfolgt dabei eine Unterscheidung von sicherheitskritischen und nicht sicherheitskritischen Objekten. Zu den sicherheitskritischen Objekten zählen die Bedienpersonen, vorzugsweise die Hände oder Finger einer Bedienperson. Nicht sicherheitskritische Objekte bilden beispielsweise die Frontwände der Abkantpresse 1 oder sonstige statische Objekte im Umfeld der Abkantpresse 1, insbesondere auch
20 die zu bearbeitenden Werkstücke 2.

Erfindungsgemäß wird in der Auswerteeinheit abgeprüft, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in einer Schutzzone 7 innerhalb des Erfassungsbereichs 6 befindet. Ist dies der Fall, so wird über die Auswerteeinheit zum Schutz der Bedienperson das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt. Befindet sich dagegen kein
25 sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7, so wird der Betrieb des Arbeitsmittels über die Auswerteeinheit freigegeben.

30 Hierzu wird über einen an die Auswerteeinheit angeschlossenen Schaltausgang ein binäres Schaltsignal an die Steuerung des Arbeitsmittels ausgegeben.

Die Auswertung in der Auswerteeinheit erfolgt dabei derart, dass in Abhängigkeit davon, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7 befindet oder nicht, das binäre Schaltsignal einen bestimmten Schaltzustand aufweist. Der jeweilige Schaltzustand wird an die Steuerung des Arbeitsmittels
5 ausgegeben, worauf dieses in Betrieb oder außer Betrieb gesetzt wird. Zweckmäßigerweise ist der Schaltausgang über ein Bussystem an die Steuerung des Arbeitsmittels angeschlossen.

Um das jeweils notwendige Sicherheitsniveau bei der Überwachung zu gewährleisten, ist die Auswerteeinheit mit der zugeordneten Hardware teilweise
10 redundant aufgebaut. Auch die Software für die Auswerteeinheit weist einen dem Sicherheitsniveau entsprechenden Sicherheitsstandard auf. Schließlich ist zweckmäßigerweise auch das Bussystem als Sicherheitsbussystem ausgebildet.

15 Im einfachsten Fall kann die Schutzzone 7 deckungsgleich mit dem von der Kamera 5 erfassten Überwachungsbereich sein.

Zweckmäßigerweise ist die Schutzzone 7 auf die Bereiche innerhalb des Erfassungsbereichs 6 begrenzt, innerhalb derer eine Gefährdung für die Bedienpersonen zu befürchten ist. Bei dem in Figur 3 dargestellten Fall stellt die Schutzzone 7 einen dreidimensionalen Teilbereich des Erfassungsbereichs 6 dar, dessen längsseitige Grenze parallel zu den Biegelinien der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 im Erfassungsbereich 6 verläuft, welche innerhalb der Schutzzone 7 liegen. Somit wird mit der Schutzzone 7 unmittelbar der gefahrbringende
20 Bereich an den Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 erfasst.
25

Zusätzlich zur Schutzzone 7 ist bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel eine Warnzone 8 vorgesehen. Die Warnzone 8 liegt im Vorfeld der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 und schließt unmittelbar an die Schutzzone 7
30 an. Dabei weisen die Schutzzone 7 und die Warnzone 8 etwa dieselben Abmessungen und insbesondere etwa dieselben Querschnittsflächen auf.

Der Warnzone 8 ist über die Auswerteeinheit ein Warnausgang zugeordnet, welcher einen nicht dargestellten Warnmelder steuert. In der Auswerteeinheit wird erfasst, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 befindet oder nicht. In Abhängigkeit davon wird ein binäres Signal generiert, wobei der jeweilige Schaltzustand des Signals über den Warnausgang ausgegeben wird. Wird ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 registriert, so wird über den dadurch generierten Schaltzustand der Warnmelder aktiviert, so dass dieser ein akustisches und/oder optisches Warnsignal abgibt.

10

Dadurch wird der Bedienperson signalisiert, dass sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 und damit in unmittelbarer Nähe zur Schutzzone 7 befindet. Insbesondere wird der Bedienperson signalisiert, dass deren Finger oder Hände in der Nähe der Schutzzone 7 sind, so dass die Bedienperson die drohende Gefahr einer Verletzung durch Entfernen ihrer Hände aus der Warnzone 8 beseitigen kann, ohne dass ein Eingriff in die Schutzzone 7 erfolgt, der zu einem unerwünschten Abschalten der Abkantpresse 1 führen würde.

15

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Bewegungsrichtung eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Warnzone 8 erfasst. Eine Aktivierung des Warnmelders erfolgt in diesem Fall zweckmäßigerweise nur dann, wenn sich ein sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Warnzone 8 auf die Schutzzone 7 zu bewegt.

20

Prinzipiell kann ein von einer Kamera 5 erfasster Erfassungsbereich 6 jeweils in mehrere Schutzzone 7 und Warnzone 8 unterteilt sein. Dann ist jeweils einer Schutzzone 7 ein separater Schaltausgang und jeder Warnzone 8 ein separater Warnausgang zugeordnet.

25

Eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über die Auswerteeinheit erfolgt dann, wenn in wenigstens einer Schutzzone 7 wenigstens ein sicherheitskritisches Objekt registriert wird.

- 5 Je nach Anwendungsfall kann für jede Warnzone 8 ein separater Warnmelder vorgesehen sein. Alternativ kann ein Warnmelder mehreren Warnausgängen zugeordnet sein.

- 10 Die Schaltzustände der Schaltausgänge und der Warnausgänge können dabei in geeigneter Weise visualisiert sein, wobei hierfür geeignete Anzeigemittel vorgesehen sind.

- 15 Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 kann beispielsweise die Visualisierung nach Art einer Verkehrsampel erfolgen. Zeigt eine derartige Ampel rotes Licht an, so befindet sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7. Eine gelbe Signalanzeige entspricht einem sicherheitskritischen Objekt in der Warnzone 8 bei freier Schutzzone 7. Eine grüne Signalanzeige zeigt an, dass sich weder in der Schutzzone 7 noch in der Warnzone 8 ein sicherheitskritisches Objekt befindet.

- 20 Die Dimensionierung der Schutzzone 7 und/oder Warnzone 8 kann beispielsweise durch eine Eingabe von Parametern in die Auswerteeinheit erfolgen.

- 25 Beispielsweise kann die Auswerteeinheit zur Inbetriebnahme und Konfigurierung der Schutzeinrichtung an einen Rechner, beispielsweise einen PC, angeschlossen werden. Die Eingabe der Parameter der Schutzzone 7 und/oder Warnzone 8 kann dann graphisch mit der Maus des PCs erfolgen.

- 30 Alternativ können die Schutzzone 7 und/oder Warnzone 8 durch einen Einlernvorgang vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung dimensioniert werden.

Desweiteren können bei den genannten Konfigurierungsmöglichkeiten auch Bereiche innerhalb des Erfassungsbereichs 6 definiert werden, die bei der Überwachung durch Ausblendung ausgenommen sind. Dabei können diese Bereiche insbesondere mit den Schutzzonen 7 überlappen. In der nachfolgenden Betriebsphase der Schutzeinrichtung werden diese Bereiche vorzugsweise zu vorgegebenen Zeiten aktiviert. Während dieser Zeiten erfolgt dann bei Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in einen derartigen Bereich weder ein Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels noch die Abgabe eines Warnsignals.

10

Die Definition derartiger Bereiche ist insbesondere dann sinnvoll, wenn beispielsweise bei einem Arbeitsmittel in vorgegebenen Zeitintervallen gefahrbringende Werkzeuge außer Betrieb gesetzt werden, so dass in deren Umgebung für diese Zeitintervalle keine Gefährdung des Bedienpersonals zu befürchten ist.

15

Die Definition der Schutzzonen 7 und Warnzonen 8 während der Konfigurierung erfolgt zweckmäßigerweise applikationsspezifisch und insbesondere angepasst an die jeweilige Form der mit dem Arbeitsmittel zu bearbeitenden Werkstücke 2.

20

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 1 – 3 werden insbesondere Blechteile gebogen. Deren Geometrien können als CAD-Datenfiles in die Auswerteeinheit eingelesen werden, so dass in Abhängigkeit hiervon geeignete Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 definierbar sind.

25

Besonders vorteilhaft werden mit derartigen CAD-Datenfiles auch die Bereiche eingelesen, in welchen die Bedienperson das Biegeteil zur Bearbeitung halten darf. Die Schutzzonen 7 und Warnzonen 8 können dann davon angepasst ausgebildet sein.

30

Besonders vorteilhaft werden dann mittels optischer Lichtstrahlen der Bedienungsperson die Grenzen der jeweiligen Schutzzonen 7 angezeigt. Hiervon ist in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Sender vorgesehen, der von der Auswerteeinheit angesteuert wird und der Lichtstrahlen im sichtbaren Bereich emittiert.

5 Mit den optischen Lichtstrahlen werden insbesondere geradlinig verlaufende Grenzen der Schutzzonen 7 visualisiert.

Schließlich können bei der Konfigurierung der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung während eines Einlernvorgangs sicherheitskritische und/oder nicht sicherheitskritische Objekte eingelernt werden.

10

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird mit einer Kamera 5 fortlaufend ein Erfassungsbereich 6 erfasst, wobei die in der Kamera 5 erzeugte Bildinformation in die Auswerteeinheit eingelesen wird.

15

Gemäß einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Auswertung der Bildinformationen mittels einer Farbmerkmalsanalyse.

Die Bildinformationen der Kamera 5 werden dann als Farbwerte in die Auswerteeinheit eingelesen. Anhand der Farbmerkmalsanalyse erfolgt eine Unterscheidung von sicherheitskritischen und nicht sicherheitskritischen Objekten.

20

Jedes Bild der Kamera 5 ist von einer Matrix von Pixeln gebildet, wobei jedem Pixel bestimmte Farbwerte der Grundfarben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind.

25

Die Bewertung dieser Bilder erfolgt mittels einer Schwellwerteeinheit, die Bestandteil eines neuronalen Netzwerks ist. Prinzipiell können die Farbwerte der verschiedenen Grundfarben jeweils mit separaten in der Schwellwerteeinheit generierten Schwellwerten bewertet werden.

30

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird für jedes Pixel eines Bildes in der Auswerteeinheit eine Linearkombination der einzelnen Farbwerte der Grundfarben gebildet, wobei die einzelnen Farbwerte mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten oder über diese vorgebbaren Gewichtungsfaktoren gewichtet werden. Diese Linearkombination wird mit einem in der Schwellwerteinheit generierten Schwellwert bewertet. Dadurch wird aus dem in der Kamera 5 generierten farbigen Bild ein Binärbild erzeugt. Der Schwellwert und die Gewichtungsfaktoren sind so angepasst, dass die sicherheitskritischen Objekte beispielsweise helle Bereiche von Vordergrundpixeln bilden, die sich von einem dunklen Hintergrund von Hintergrundpixeln abheben.

Die Bestimmung des Schwellwerts und der Gewichtungsfaktoren erfolgt zweckmäßigerweise während des Einlernvorgangs. Während dieses Einlernvorgangs werden die Farben der sicherheitskritischen Objekte eingelernt. Vorzugsweise sind die dabei sicherheitskritischen Objekte von den Händen und/oder Fingern der Bedienperson, die das Arbeitsmittel bedient, gebildet.

Prinzipiell können auch die Hände und/oder Finger mehrerer Personen eingelernt werden.

Alternativ wird für den Fall, dass die sicherheitskritischen Objekte von Personen gebildet sind, gefordert, dass diese Schutzkleidung mit einer vorgegebenen Farbe tragen. Dann werden die Parameter für die Bildauswertung an die Farbe dieser Schutzkleidung angepasst.

In den mittels der Schwellwerteinheit generierten Binärbildern bilden die sicherheitskritischen Objekte zusammenhängende Bereiche von Vordergrundpixeln, die sich von einem Untergrund von Hintergrundpixeln abheben. Die Hintergrundpixel sind von nicht sicherheitskritischen Objekten wie den Werkstücken 2 und dem Arbeitsmittel gebildet.

An isolierten Punkten kann das Binärbild durch Pixelfehler verrauscht sein, so dass vereinzelt Vorderpixel im Bereich des Untergrundes entstehen. Diese Pixelfehler können durch Anwendung morphologischer Operatoren eliminiert werden. Dabei werden isolierte Bereiche von Vordergrundpixeln, deren Flächen unterhalb einer vorgegebenen Mindestfläche liegen, eliminiert. Diese Mindestflächen sind so gewählt, dass diese signifikant kleiner als die Fläche des kleinsten zu detektierenden sicherheitskritischen Objektes sind.

Gemäß einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Erkennung von sicherheitskritischen Objekten innerhalb der Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 durch einen Vergleich der von der Kamera 5 erzeugten und in die Auswerteeinheit eingelesenen Bilder mit Referenzbildern, die in der Auswerteeinheit abgespeichert sind.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden vor diesem Vergleich die Bilder und Referenzbilder in binäre Kantenbilder gewandelt. Hierzu werden die Beträge der Gradienten der Helligkeitsverteilungen eines Bildes oder Referenzbildes ausgewertet, wobei die Auswertung vorzugsweise mit geeigneten Schwellwerten erfolgt. Die so erzeugten binären Kantenbilder enthalten Strukturen von Linien auf einem homogenen Hintergrund, wobei die Linien den Kanten der im Erfassungsbereich 6 befindlichen Objekte entsprechen.

Durch diese Auswertung wird die Detektion der Objekte weitgehend unabhängig von den jeweiligen Beleuchtungsverhältnissen, so dass Helligkeitsschwankungen wie zum Beispiel wechselnde Sonneneinstrahlungen nicht zu Fehldetektionen führen.

Zur weiteren Erhöhung der Nachweisempfindlichkeit wird vorteilhafterweise die Schutzzone 7 wenigstens teilweise durch ein Referenzobjekt mit einem definierten Kontrastmuster begrenzt. Beispielsweise kann das Referenzobjekt von einer Platte mit einem charakteristischen Oberflächenmuster gebildet sein,

die an der Abkantpresse 1 unterhalb eines Unterwerkzeuges 4 so angebracht ist, dass sie im Blickfeld der Kamera 5 liegt. Das Oberflächenmuster der Platte kann beispielsweise als farbiges Streifenmuster ausgebildet sein, so dass es sich deutlich von den Farbmustern der sicherheitskritischen Objekte abhebt.

5

Durch den Vergleich der aktuellen Bilder mit dem Referenzbild, welches das Referenzobjekt enthält, können dann die sicherheitskritischen Objekte in der Schutzzone 7 mit einer hohen Detektionssicherheit erfasst werden.

10 Bei diesem Verfahren erfolgt keine Merkmalsanalyse der in die Schutzzone 7 eindringenden Objekte, so dass jedes in die Schutzzone 7 eindringendes Objekt als sicherheitskritisches Objekt erkannt wird.

15 Bei der Bearbeitung von Werkstücken 2 mittels des Arbeitsmittels können insbesondere diese Werkstücke 2 zu vorgegebenen Zeiten in die Schutzzone 7 eindringen, wobei dabei eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels unerwünscht ist.

20 Beispielsweise muss die Bedienperson an einer Abkantpresse 1 ein als Biegeteil ausgebildetes Werkstück 2 zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 einführen und bearbeiten können, ohne dass die Abkantpresse 1 unnötig über die Schutzeinrichtung abgeschaltet wird.

25 In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden daher in einem Einlernvorgang vor Inbetriebnahme der Abkantpresse 1 die einzelnen Bearbeitungsschritte der Bearbeitung eines Werkstückes 2 mit der Kamera 5 erfasst, wobei für einzelne Phasen der Bearbeitung Referenzbilder aufgenommen und abgespeichert werden. Die Referenzbilder enthalten dabei insbesondere das Werkstück 2 in unterschiedlichen Bearbeitungspositionen.

30

In der auf die Einlernphase folgenden Betriebsphase des Arbeitsmittels werden dann dieselben Bearbeitungsschritte wieder von der Kamera 5 erfasst. Durch Vergleich der dabei erfassten Bilder mit den jeweiligen Referenzbildern kann das Eindringen von sicherheitskritischen Objekten, wie zum Beispiel den Händen oder Fingern einer Person sicher erfasst werden. Dabei können für die einzelnen Bearbeitungsschritte die jeweiligen Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 zeitlich veränderbar gewählt werden.

Besonders vorteilhaft hierbei ist, dass durch den Vergleich mit den jeweiligen Referenzbildern sicherheitskritische Objekte von dem ein nicht sicherheitskritisches Objekt bildenden Werkstück 2 unterschieden werden können. Demzufolge führt das innerhalb der Schutzzone 7 liegende Werkstück 2 nicht zu einem unnötigen Abschalten der Abkantpresse 1 durch die Schutzeinrichtung. Durch eine geeignete zeitabhängige Dimensionierung der Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 kann der Detektionsbereich an die sich verändernden Randbedingungen flexibel angepasst werden.

Ein derartiger Verfahrensablauf kann beispielsweise folgende Verfahrensschritte umfassen:

20

Vor Inbetriebnahme wird während der Einlernphase ein kompletter Bearbeitungsprozess mit einem Werkstück 2 in der Abkantpresse 1 durchgeführt.

Zuerst legt die Bedienperson das Werkstück 2 in die Abkantpresse 1 ein, so dass dieses innerhalb der Abkantpresse 1 liegen bleibt. Hierzu kann gegebenenfalls eine Haltevorrichtung verwendet werden. Da in dieser Phase das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 deaktiviert sind, wird die Schutzzone 7 so dimensioniert, dass das Bedienpersonal in den Bereich zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 greifen darf. Insbesondere kann in diesem Fall die Schutzzone 7 auch überbrückt und komplett deaktiviert werden.

30

Danach entfernt die Bedienperson ihre Hände vom Werkstück 2 und der Biegelinie zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4, so dass ein vorgegebener Sicherheitsabstand überschritten wird. Während dieses Bearbeitungsschrittes wird die Schutzzone 7 in der Auswerteeinheit so dimensioniert, dass diese den Bereich des Ober- 3 und Unterwerkzeugs 4 bis zu diesem Sicherheitsabstand umfasst.

Mittels eines Fußschalters wird dann das Oberwerkzeug 3 gegen das Unterwerkzeug 4 gesenkt, bis das Werkstück 2 ohne Spiel zwischen Unter- und Oberwerkzeug 3 liegt. Somit kann die Bedienperson ihre Hände oder Finger nicht mehr zwischen das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 einführen, so dass dann von der Abkantpresse 1 keine Gefahr mehr für die Bedienperson ausgeht.

Die Bedienperson kann somit gefahrlos das Werkstück 2 manuell an der Abkantpresse 1 ausrichten. Sobald die Ausrichtung erfolgt ist wird als erstes Referenzbild das in der Abkantpresse 1 ausgerichtete Werkstück 2 mit dem Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 aufgenommen und in der Auswerteeinheit abgespeichert.

Anschließend wird der Biegevorgang ausgelöst, wodurch das Werkstück 2 aufgebogen wird. Das freie Ende des Werkstücks 2 wird dabei bis zu einer Zwischenposition nach oben aufgebogen. Der Biegevorgang wird nur so weit durchgeführt, dass zwischen dem freien Ende des Werkstückes 2 und dem Oberwerkzeug 3 ein hinreichend großer Abstand verbleibt, so dass dort keine Gefahr von Verletzungen der Bedienperson durch einen sogenannten Oberwangenklemmer besteht.

In dieser Position wird ein zweites Referenzbild aufgenommen und abgespeichert, wobei das Referenzbild die Positionen des Oberwerkzeugs 3 und des Werkstückes 2 enthält.

Während dieser Vorgänge besteht keine Gefahr von Verletzungen der Bedienungsperson, so dass die Schutzzone 7 entsprechend klein gewählt werden kann.

5 Schließlich wird der Biegevorgang des Werkstückes 2 vollendet, wobei dabei die Bedienungsperson ihre Hände aus dem Bereich des Werkstückes 2 entfernen muss, da nun wieder die Gefahr von Verletzungen besteht. Vorteilhafterweise wird in dieser Phase wieder eine größere Schutzzone 7 vorgegeben, welche an den einzuhaltenden Sicherheitsabstand angepasst ist.

10 Nach Abschluss dieses Einlernvorgangs wird die Abkantpresse 1 in Betrieb genommen, wobei die Bearbeitung des Werkstückes 2 in derselben Bearbeitungsabfolge durchgeführt wird, die während des Einlernvorgangs eingelehrt wurde.

15 Somit legt die Bedienungsperson zuerst das Werkstück 2 zwischen das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 ein, die zu diesem Zeitpunkt deaktiviert sind. Die Schutzzone 7 ist dabei so dimensioniert, dass dieser Eingriff nicht zu einem Abschalten der Abkantpresse 1 führt.

20 Im nächsten Bearbeitungsschritt wird mittels des Fußschalters das Oberwerkzeug 3 abgesenkt, bis das Werkstück 2 ohne Spiel zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 liegt. In dieser Phase ist die Schutzzone 7 so dimensioniert, dass der Eingriff in den Bereich der Biegelinie zu einem Abschalten der Abkantpresse 1 führt.

25 Anschließend kann das Bedienpersonal ohne Verletzungsgefahr das zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 liegende Werkstück 2 ausrichten, wobei durch die aktuelle Ausbildung der Schutzzone 7 ein manueller Zugriff auf das Werkstück 2 nicht zum Abschalten der Abkantpresse 1 führt.

Sobald das Werkstück 2 ausgerichtet ist wird der Biegevorgang ausgelöst. Die Freigabe des Biegevorgangs erfolgt dabei nur dann, wenn die aktuellen in der Kamera 5 aufgenommenen Bilder mit dem Referenzbild, welches das ausgerichtete Werkstück 2 enthält, übereinstimmen.

5

Während des anschließenden Aufbiegens des Werkstückes 2 bis zur Zwischenposition kann die Bedienperson das Werkstück 2 wieder manuell führen.

10

Das Erreichen der Zwischenposition wird durch Vergleich der aktuellen Bilder der Kamera 5 mit dem zweiten Referenzbild überprüft.

15

Während des Vollendens des Biegevorgangs aus der Zwischenposition heraus führt ein Eingriff der Bedienperson in den Bereich des Werkstückes 2 wieder zu einem Abschalten der Abkantpresse 1.

20

Zur Funktionsüberprüfung der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung wird in vorgegebenen Zeitabständen ein Selbsttest durchgeführt. Vorteilhafterweise wird der Selbsttest periodisch und automatisch, dass heißt ohne externe Aktivierung, durchgeführt.

25

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird sowohl ein statischer als auch ein dynamischer Selbsttest durchgeführt.

Bei dem statischen Selbsttest wird im wesentlichen abgeprüft, ob bei den von der Kamera 5 generierten Bildern vorgegebene Fixpunkte vorhanden sind. Bei einem Fehlen oder einer Veränderung derartiger Fixpunkte wird eine Fehlermeldung generiert und das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt.

30

Bei diesem statischen Selbsttest wird ausgenutzt, dass die Kamera 5 an der Halterung positionsgenau bleibend ausgerichtet ist, so dass bestimmte Objekte, wie zum Beispiel Teile des Arbeitsmittels oder andere Maschinen, Gebäude-

wände oder dergleichen unverändert innerhalb des von der Kamera 5 erfassten Erfassungsbereichs 6 angeordnet sind. Während eines Einlernvorgangs vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung werden derartige Objekte als Fixpunkte eingelernt und in der Auswerteeinheit abgespeichert.

5

Mit diesem statischen Selbsttest ist insbesondere die Funktionsfähigkeit der optischen Komponenten einer Kamera 5 überprüfbar.

Bei dem dynamischen Selbsttest wird zu vorgegebenen Zeiten ein definiertes, vorzugsweise sicherheitskritisches Testobjekt in den Bereich einer Schutzzone 7 eingebracht. Wird dieses Testobjekt zu den vorgegebenen Zeiten nicht erkannt, so wird das Arbeitsmittel nicht in Betrieb genommen oder, falls es in Betrieb ist, außer Betrieb gesetzt.

Dieser dynamische Selbsttest wird zweckmäßigerweise jeweils vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung durchgeführt. Prinzipiell ist der dynamische Selbsttest auch während des Betriebs der Schutzeinrichtung durchführbar. Jedoch muss dann gewährleistet sein, dass anhand des Eingrifforts des Testobjekts oder dessen Ausbildung dieses von den sicherheitskritischen Objekten, die während des Betriebs der Schutzeinrichtung zu erfassen sind, unterscheidbar ist. Dann erfolgt der Nachweis des Testobjekts unabhängig von der Detektion der sicherheitskritischen Objekte und führt somit zu keiner Beeinträchtigung der Nachweissicherheit der Schutzeinrichtung.

Die Figuren 4 und 5 zeigen Ausführungsbeispiele, bei welchen das von der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung überwachte Arbeitsmittel von einer Druckmaschine 9 gebildet ist.

Figur 4 zeigt eine Druckmaschine 9 mit einem Anleger 10 und einem Ausleger. Der Anleger 10 bildet den Einzugsbereich, in dem Papierbögen von Papierstapeln 11 abgezogen werden und in die Druckvorrichtung der Druckmaschine 9

eingezogen werden. Die einzelnen Papierstapel 11 werden dabei auf Paletten über einen ersten Kettenförderer 12 dem Anleger 10 zugeführt. Im Bereich des Anlegers 10 werden die Papierstapel 11 auf einer Rollenbahn 13 transportiert. Nach der Bedruckung der Papierbögen werden diese in Papierstapeln 11, die
 5 auf Paletten gestapelt sind, im Auslegerbereich über einen zweiten Kettenförderer 14 von der Druckmaschine 9 abtransportiert. In den Bereichen der Kettenförderer 12, 14 und des Anlegers 10 besteht durch die Fahrbewegungen der Paletten mit den Papierstapeln 11 eine Gefahr von Verletzungen für das Bedienpersonal.

10

Bei bekannten Druckmaschinen 9 erfolgt die Absicherung dieser Erfassungsbereiche 6 durch eine Umzäunung, die den Zugriff des Bedienpersonals komplett verhindert. Dadurch wird jedoch die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der Druckmaschine 9 unnötig stark eingeschränkt. Insbesondere ist es nicht oder
 15 nur erschwert möglich, nicht sicherheitskritische Objekte im Erfassungsbereich 6 zu positionieren.

20

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine Kamera 5 oberhalb der Druckmaschine 9 so montiert, dass der von dieser erfasste Erfassungsbereich 6 die Bereiche des Anlegers 10 und der Kettenförderer 12, 14 umfasst.

25

Die Funktionsweise der Überwachung mittels der Kamera 5 erfolgt analog zu den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 – 3. Insbesondere wird der Erfassungsbereich 6 wieder in geeigneter Weise in Schutzzonen 7 und gegebenenfalls in Warnzonen 8 unterteilt, innerhalb derer sicherheitskritische Objekte erfassbar sind.

30

Figur 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Schutzeinrichtung an einer Druckmaschine 9. Die Druckmaschine 9 entspricht dabei der Druckmaschine 9 gemäß Figur 4. Im Unterschied zur Schutzeinrichtung gemäß Figur 4 weist die Schutzeinrichtung gemäß Figur 5 zwei Kameras 5 auf. Der von der ersten Ka-

mera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 umfasst den ersten Kettenförderer 12 für die Zufuhr von Papierstapeln 11 zur Druckmaschine 9.

5 Der von der zweiten Kamera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 umfasst den zweiten Kettenförderer 14 für den Abtransport von Papierstapeln 11 von der Druckmaschine 9.

10 Die von den Kameras 5 erfassten Erfassungsbereiche 6 sind dabei so dimensioniert, dass deren Breiten größer als die Breiten der Kettenförderer 12, 14 sind. Auf diese Weise können sicherheitskritische Objekte bereits erfasst werden, bevor diese in den Bereich der Kettenförderer 12, 14 eingedrungen sind. Zur Orientierung des Bedienpersonals können die Grenzen der Schutzzonen 7 innerhalb der Erfassungsbereiche 6 durch Linien auf dem Boden der Halle, in der die Druckmaschine 9 angeordnet ist, markiert sein.

15 Zweckmäßigerweise werden bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 4 und 5 vor Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung die auf den Paletten zu transportierenden Papierstapel 11 als nicht sicherheitskritische Objekte in der Auswerteeinheit eingelesen und abgespeichert.

20 Figur 6 zeigt einen Anleger 10 einer Druckmaschine 9, welcher von einer Schutzeinrichtung mit einer Kamera 5 überwacht wird. Die Ausbildung der Druckmaschine 9 entspricht der Druckmaschine 9 gemäß den Figuren 4 und 5.

25 Der Anleger 10 besteht im wesentlichen aus einem Rahmen 15, innerhalb dessen ein Papierstapel 11 angeordnet ist. Von der Oberseite des Papierstapels 11 wird mittels eines Greifers 16 der Papiereinzug von Papierbögen in die nicht dargestellte Druckvorrichtung der Druckmaschine 9 bewerkstelligt.

30 Die Kamera 5 ist oberhalb des Anlegers 10 angebracht, so dass der von der Kamera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 die Oberseite des Papierstapels 11 und

den Greifer 16 umfasst. Die Schutzzone 7 innerhalb des Erfassungsbereichs 6 wird so dimensioniert, dass der Arbeitsbereich des Greifers 16, der für das Bedienpersonal gefahrbringende Bewegungen ausführt, vollständig erfasst wird.

5 Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schutzeinrichtung, die zur Überwachung des Vorfelds eines als Arbeitsroboters ausgebildeten Arbeitsmittels dient. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Arbeitsroboter von einem Schweißroboter 17 gebildet.

10 Der Schweißroboter 17 befindet sich in einer eingezäunten Fertigungszelle 18 mit einer Einzäunung 19, die eine Zugangsöffnung 20 aufweist. Über die Zugangsöffnung 20 werden Gegenstände in die Fertigungszelle 18 eingebracht und aus dieser abtransportiert. Zudem hat das Bedienpersonal über diese Zugangsöffnung 20 Zugang zu der Fertigungszelle 18. Der Bereich der Zugangs-
15 öffnung 20 bildet den Erfassungsbereich 6, der mit der Kamera 5 der Schutzeinrichtung erfasst wird.

Der Erfassungsbereich 6, der wiederum in geeigneter Weise in eine oder mehrere Schutzonen 7 sowie gegebenenfalls Warnzonen 8 unterteilt ist, befindet
20 sich in Abstand zum Arbeitsbereich des Schweißroboters 17. Dadurch kann bei Eingriff eines sicherheitskritischen Objekts in eine Schutzzone 7 der Schweißroboter 17 rechtzeitig außer Betrieb gesetzt werden, bevor das sicherheitskritische Objekt durch die Schutzzone 7 zum Schweißroboter 17 gelangen kann. Die sicherheitskritischen Objekte sind in diesem Fall von Personen gebildet.
25 Nicht sicherheitskritische Objekte, wie zum Beispiel Werkstücke 2, die in eine Schutzzone 7 eindringen können werden vorzugsweise vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung eingelernt und in der Auswerteeinheit abgespeichert.

Leuze lumiflex GmbH + Co.

D-80993 München

5 Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem Arbeitsmittel. Die Vorrichtung weist wenigstens eine Kamera (5) zur fortlaufenden Erfassung des Erfassungsbereichs (6) sowie eine Auswerteeinheit, in welche von der Kamera (5) erzeugte Bildinformationen eingelesen werden, auf. In der Auswerteeinheit werden durch Vergleich der Bildinformationen mit Referenzbildern und/oder durch eine Farbmerkmalsanalyse sicherheitskritische Objekte innerhalb wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb des Erfassungsbereichs (6) erfasst. Bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone (7) wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt. Dagegen wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Schutzzone (7) befindet.

20 Figur 1

Leuze lumiflex GmbH + Co.
D-80993 München

5 Bezugszeichenliste

- (1) Abkantpresse
- (2) Werkstück
- (3) Oberwerkzeug
- 10 (4) Unterwerkzeug
- (5) Kamera
- (6) Erfassungsbereich
- (7) Schutzzone
- (8) Warnzone
- 15 (9) Druckmaschine
- (10) Anleger
- (11) Papierstapel
- (12) Kettenförderer
- (13) Rollenbahn
- 20 (14) Kettenförderer
- (15) Rahmen
- (16) Greifer
- (17) Schweißroboter
- (18) Fertigungszelle
- 25 (19) Einzäunung
- (20) Zugangsöffnung

Fig. 1

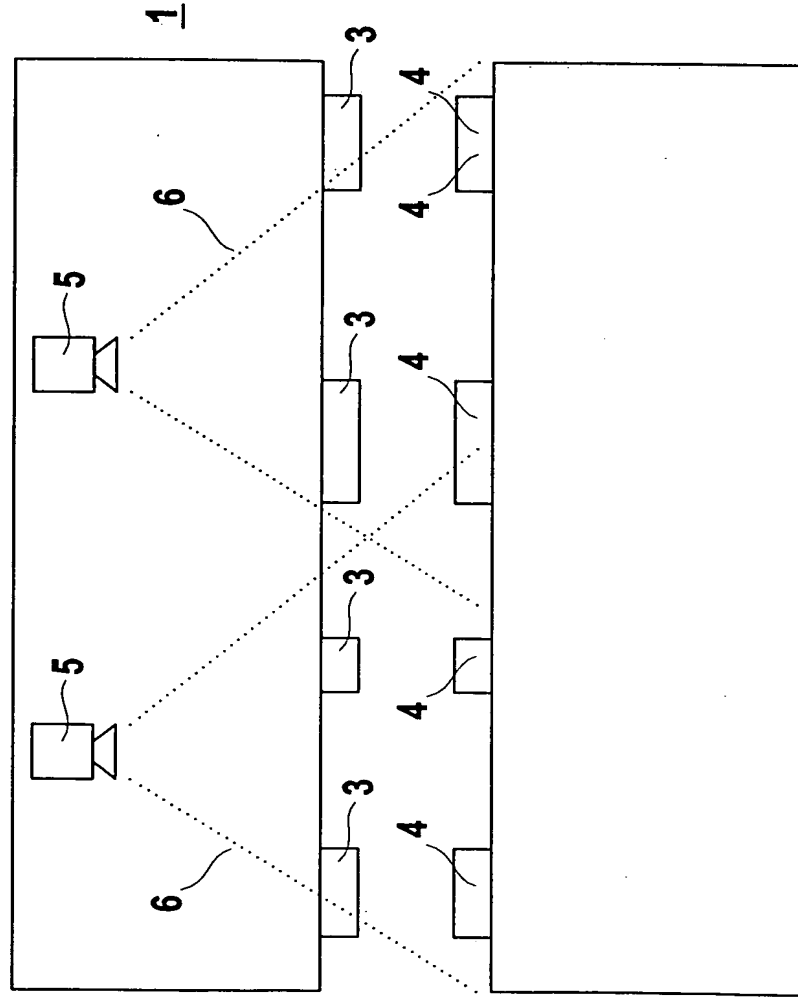


Fig. 2

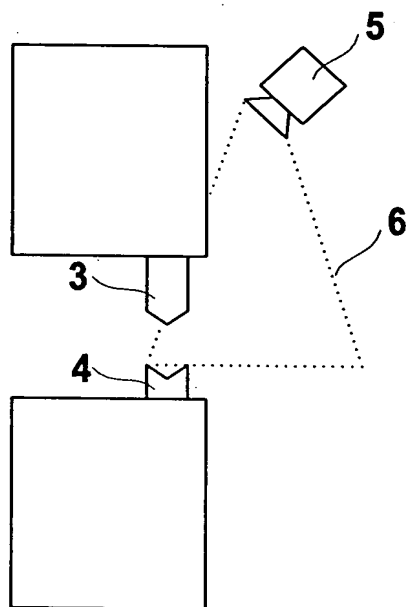


Fig. 3

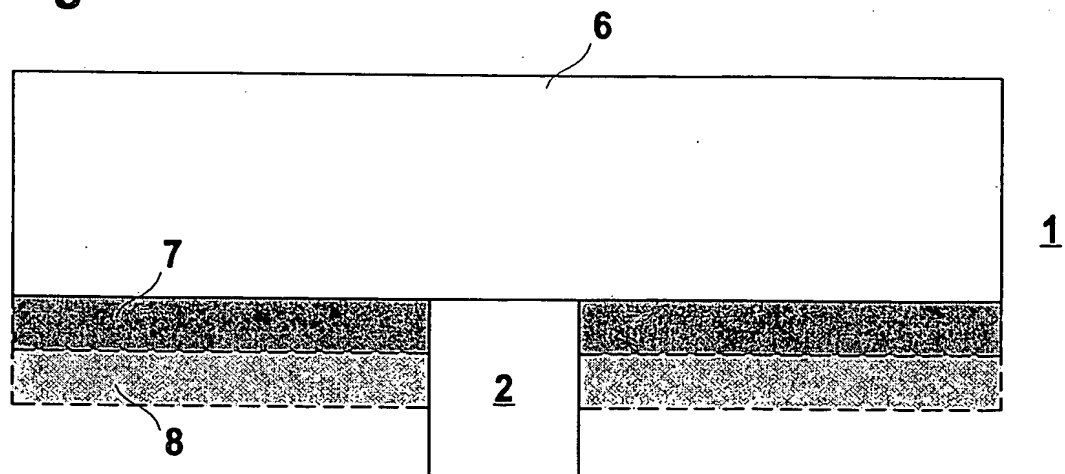


Fig. 4

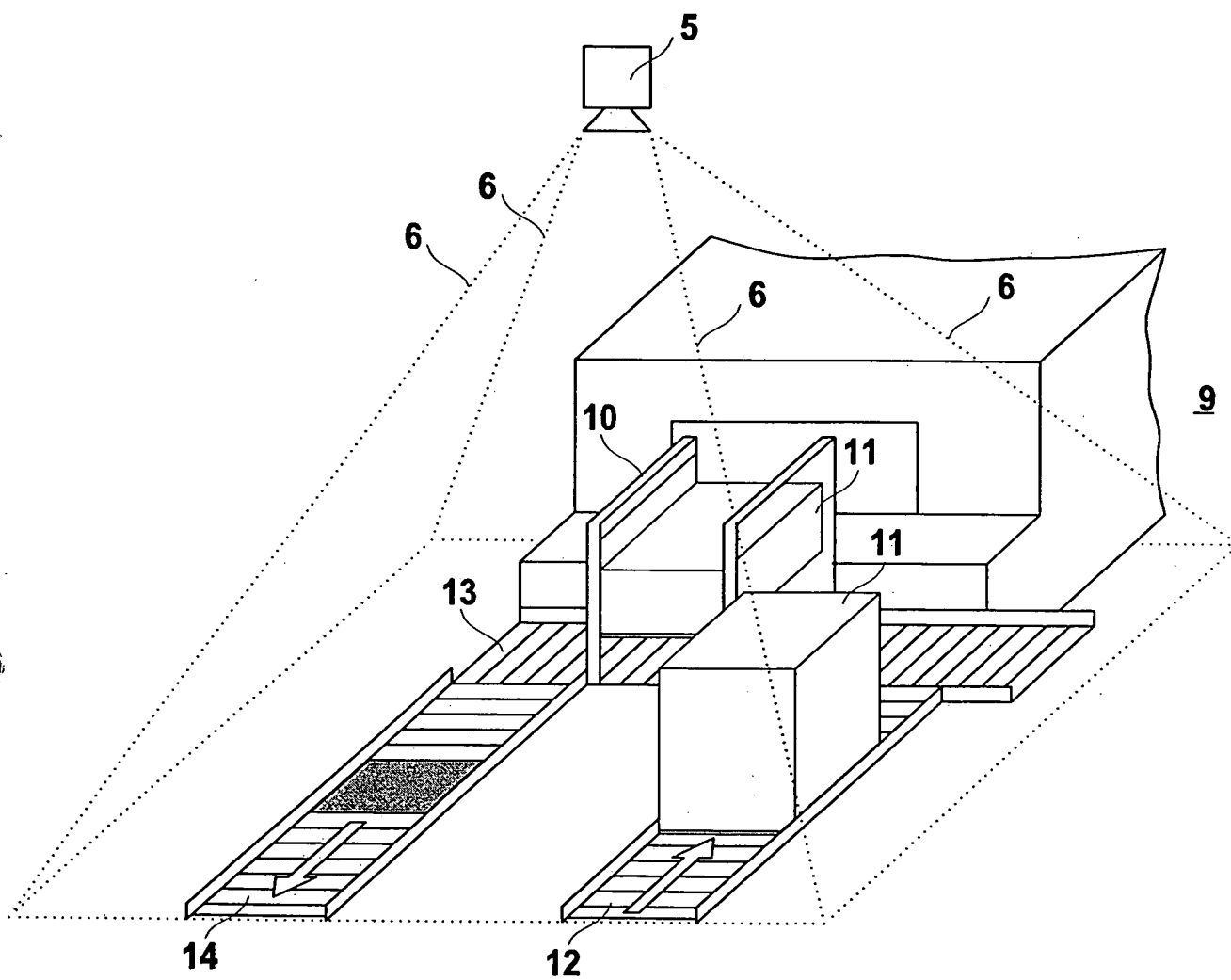


Fig. 5

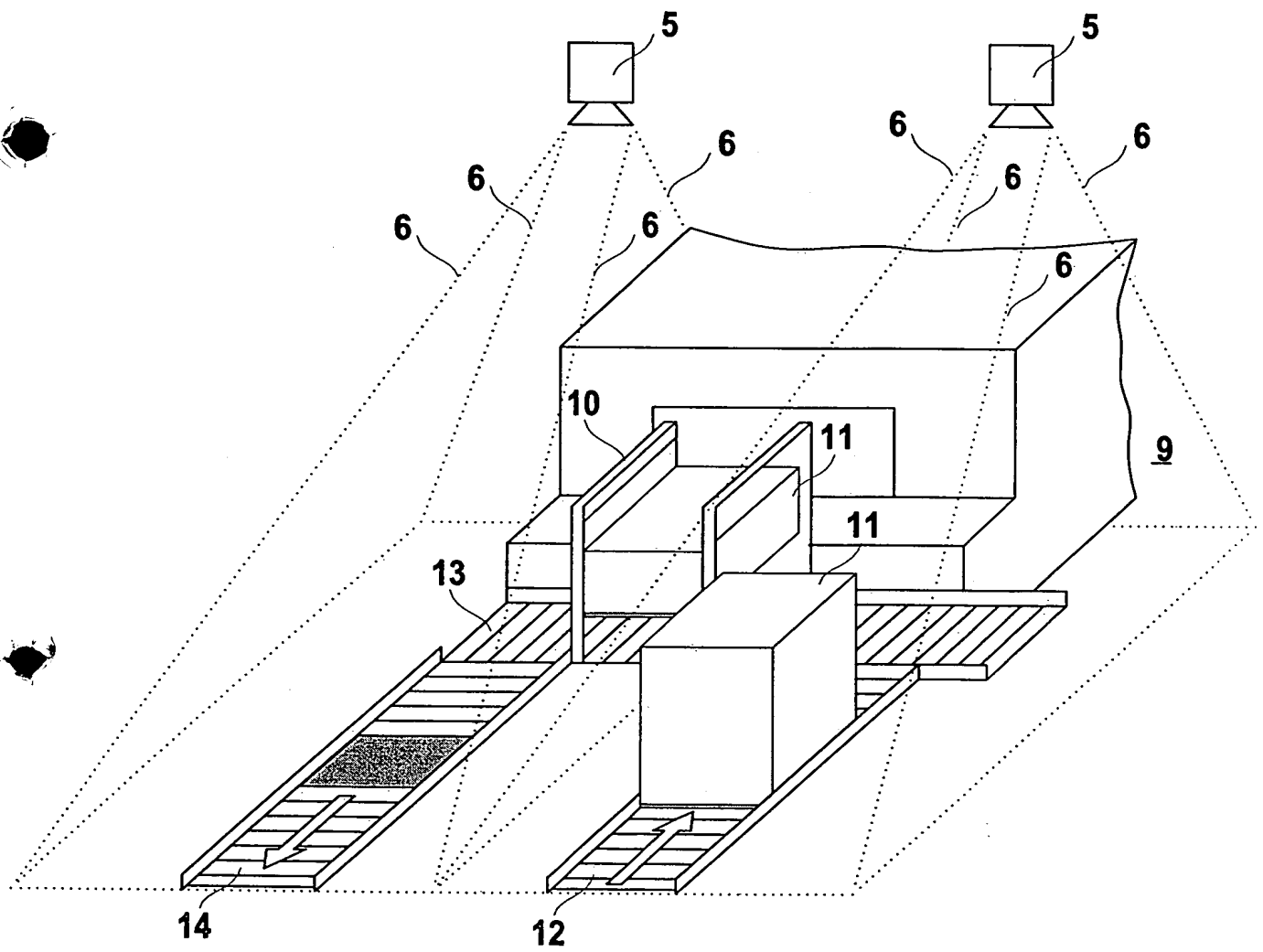


Fig. 6

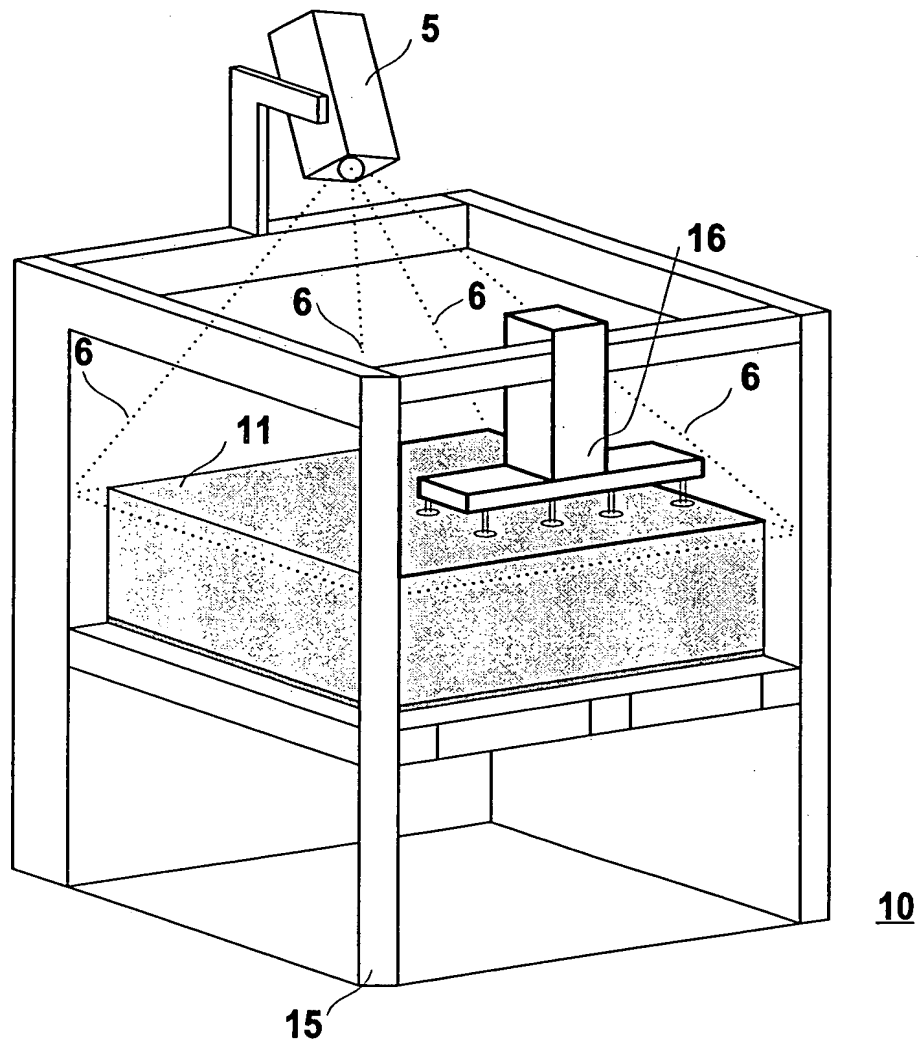
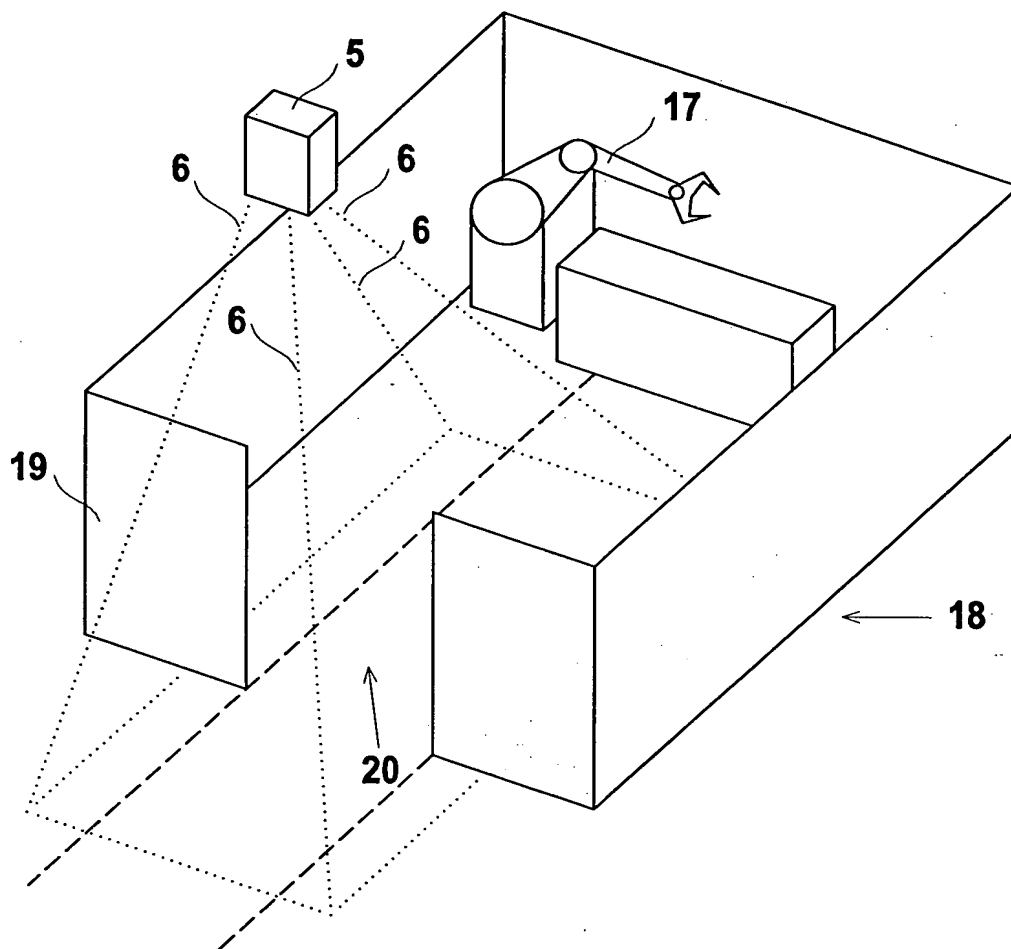
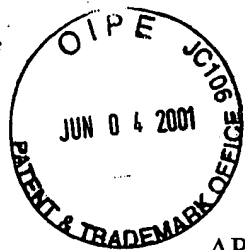


Fig. 7





3

APPLICATION FOR THE UNITED STATES LETTERS PATENT

INVENTOR: Werner LEHNER, Anton KUMMER and Jörg VELTEN

TITLE: APPARATUS AND METHOD FOR MONITORING A
DETECTION REGION OF A WORKING ELEMENT (as
amended)

ATTORNEY: VENABLE
Post Office Box 34385
Washington, D.C. 20043-9998

1201 New York Avenue
Suite 1000
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 962-4800
Facsimile: (202) 962-8300

ATTORNEY
DOCKET: 31833-169020 RK

SPECIFICATION

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

This application claims the priority of German Patent Application No. 100 00
287.0-53 filed January 7, 2000, the subject matter of which is incorporated herein by
reference.

APPARATUS AND METHOD FOR MONITORING A DETECTION REGION OF A WORKING ELEMENT

Field of the Invention

5 The invention relates to an apparatus and a method for monitoring a detection region of a working element.

Background of the Invention

 The working element can be formed by, for example, a
10 folding press that has at least one upper tool and one lower tool, which cooperate to bend and bevel workpieces comprising pieces of sheet metal, in particular. For this purpose, the upper tool is guided toward the lower tool in a pressing movement, thereby deforming a piece of sheet
15 metal, which is disposed between the two tools, along a fold line. Folding presses of this type are potentially hazardous to the operator, because the workpiece must usually be guided manually during the pressing movement. Consequently, the operator's hands and fingers are near the
20 upper and lower tools, or near the squeezing and shearing points of the folding press or the workpiece, which puts the operator at risk for serious injury.

To make these detection regions safer, it is standard practice to use protective devices that disable the working element if the operator has inadvertently intruded into the detector region.

5 These protective devices can take the form of two-handed switches that protect the operator's hands by requiring the actuation of two levers to initiate and maintain a potentially dangerous movement in a folding press. The operator must therefore keep both hands on the
10 levers, which safeguards him against injury during press operation.

A drawback of this device, however, is that other persons in the detection region are unprotected. A further drawback is that the operator cannot manually guide the
15 workpiece during machining, which can be problematic. The operator therefore often chooses to disable the protective device and guide the workpiece manually in the detection region, without protection.

Safety light curtains are also used as protective
20 devices. DE 39 39 191 C3, for example, discloses such a device. In this case, the safety light curtains comprise numerous pairs of transmitters and receivers that respectively form a light barrier.

The light beams emitted by the transmitters and aimed at the respectively associated receivers cover a planar, two-dimensional monitoring region. It is possible to detect that a hand is approaching a detection region, whereupon the working element is disabled.

A safety light curtain of this nature is typically disposed vertically, and serves to bar access to a folding press. In the machining of larger pieces, it is advantageous to arrange the safety light curtain horizontally to secure the region. A disadvantage of this arrangement is that a plurality of safety light curtains is required for completely securing the detection region of this folding press, especially with respect to preventing access and securing the region. This requirement not only raises costs to an undesirable level, but is also associated with complicated assembly, often with only insufficient space available for the devices.

DE 196 19 688 A1 relates to a method for video monitoring of operator areas, such as of a press, in which a video camera optically detects the operator area to be monitored, and generates an electronically-processable image of the open operator space, which the camera supplies to an image processor, where it is stored.

Prior to each startup of the press, the video camera records an image of the operator area and compares the generated image to the image stored in the image processor. The press can only be started up if the new image is
5 identical to the stored image.

A disadvantage of this method is that any deviation of a current image from the reference image disables the press, even if the deviation would not pose a threat to the respective operator. This system results in a low
10 availability of the press, which unnecessarily limits the operating times of the press.

Summary of the Invention

It is the object of the invention to create a system
15 that assures reliable monitoring of a detection region of a working element without unnecessarily limiting its availability.

In accordance with the invention, for monitoring a detection region of a working element, at least one camera
20 continuously monitors the detection region.

The image information generated in the camera during the monitoring is read into an evaluation unit.

This image information is used in a comparison to reference images that are stored in the evaluation unit, and/or in a color-feature analysis, to detect endangered objects within at least one protection zone in the
5 detection region.

If at least one endangered object is detected within the protection zone, the evaluation unit disables the working element, whereas the evaluation unit enables the working element if there is no endangered object in the
10 protection zone.

A significant advantage of the protective device of the invention is that a three-dimensional detection region of the working element can be monitored. One camera can perform multiple monitoring functions. Notably, a suitable
15 selection of the monitoring region of the a camera assures both access prevention and the securing of the region of the working element.

A further advantage is that endangered objects located within the detection region detected by a camera, such as a
20 person's hands or fingers, can be distinguished from non-endangered objects. The color-feature analysis of the invention may be used for this distinction. Also, the reference images can be selected such that they detect the

non-endangered objects located in a protection zone. Then a comparison of the current image information to the reference images can be used to separate and detect the endangered objects.

5 In principle, the image information can be compared to the reference images, or evaluated in a color-feature analysis, for assessing whether an endangered object is located in the protection zone.

10 The two methods are advantageously evaluated in combination. This can significantly increase the verification reliability of the apparatus according to the invention.

15 For example, the working element can only be enabled if the two methods do not indicate the presence of an endangered object in the protection zone. Therefore, the danger of non-detection of an endangered object can be greatly reduced.

20 The protective device according to the invention only disables the working element if an endangered object enters a protection zone inside the detection region.

 In the simplest case, the protection zone extends over the entire detection region detected by the camera. The protection zone is advantageously dimensioned as a defined

partial section of the detection region through the input of parameters into the evaluation unit, or through a learning process. The protection zone can thus be precisely tailored to the danger points to be detected.

5 This avoids monitoring of areas that are not of concern in terms of safety, which considerably increases the availability of the protective device of the invention without reducing the level of safety in the monitoring.

In an advantageous embodiment of the invention, the
10 protection zone can be allocated at least one warning zone, which preferably adjoins the protection zone directly. If an endangered object enters the warning zone, a warning signal is emitted, which provides an early warning for the operator or other person of the impending entry of an
15 endangered object into the protection zone. The operator can therefore undertake appropriate measures to prevent the endangered object from entering the protection zone, thereby avoiding the disabling of the working element. This prevents unnecessary downtime of the working element.

20 In an advantageous modification of the invention, numerous protection zones and warning zones can be provided within a detection region, corresponding to the requirements of the respective application, in which

instance the working element is only disabled if an endangered object is detected in at least one protection zone. Accordingly, a warning signal is emitted if an endangered object is detected in at least one warning zone.

5

Brief Description of the Drawings

The invention is described below in conjunction with the following drawings:

Figure 1: a front view of a working element formed by a
10 folding press, with two cameras being disposed in
 front of the element for monitoring detection
 regions;

Figure 2: a side view of the arrangement according to
 Figure 1;

15 Figure 2a: a block diagram of the arrangement according to
 Figures 1, 2;

Figure 3: a cross-section through a section of the
 arrangement according to Figure 1, with a
 protection zone and a warning zone being disposed
20 inside a detection region;

Figure 4: a working element embodied as a printing press,
 having a camera for monitoring a monitoring

region that extends over the region of the feed
and output mechanisms of the press;

Figure 5: the printing press according to Figure 4, having
two cameras for monitoring the region of the

5 output mechanism and the feed mechanism;

Figure 6: a region monitored by a camera, namely the paper
feed at the feed mechanism of the printing press
according to Figure 4 or 5; and

Figure 7: a working element embodied as a welding robot,
10 having a camera for monitoring a detection region
in the region of access to the welding robot.

Detailed Description of the Invention

Figures 1 through 3 illustrate an exemplary embodiment
15 of a working element 100 configured as a folding press 1,
which is monitored with the apparatus of the invention for
the purpose of avoiding putting an operator at risk.

The folding press 1 serves to bend and shape
workpieces 2, particularly pieces of sheet metal. An upper
20 tool 3 and a lower tool 4, which cooperates with the upper
tool, shape a workpiece 2. During a pressing movement, the
upper tool 3 and lower tool 4 are guided toward one

another, so a workpiece 2 located between them is beveled or bent along a fold line.

In the present embodiment, the folding press 1 has four adjacent pairs of upper tools 3 and lower tools 4.

5 For machining the workpieces, an operator usually brings the workpieces 2 into predetermined positions between the upper tool 3 and the lower tool 4. In the process, the operator is particularly at risk of serious injury when he puts his hands or fingers into the region between the upper
10 tool 3 and the lower tool 4. The movement of the workpiece 2 during the pressing process also poses a tremendous risk of injury for the operator.

The apparatus according to the invention, which constitutes a contactless protective device, is provided
15 for protecting the operator.

The apparatus includes at least one camera 5, preferably a video camera. This camera 5 detects a detection region 6 of the working element 100, corresponding to the aperture angle of the optics, not
20 shown, of the camera 5. In the present embodiment, two cameras 5 are provided in front of the folding press 1. Each camera 5 detects a detection region 6, in which two pairs of upper tools 3 and lower tools 4 are located.

As can be seen from Figures 1 through 3, the detection region 6 monitored by a camera 5 forms a three-dimensional spatial area whose base outline has a rectangular cross section. The long side of the detection region 6 extends
5 along the fold lines of the upper tools 3 and lower tools 4 located in the detection region 6. The cross-sectional surface of the detection region 6 tapers upward toward the camera 5, corresponding to the aperture angle of the optics of the camera 5.

10 The camera 5 is integrated into a housing that is seated in a form-fit on a mechanical holding device 51, such that the holding device is disposed at an incline above the upper tools 3 and lower tools 4. The mechanical holding device 51 can be adjusted in all three spatial
15 directions for orienting the camera 5 relative to the upper tools 3 and lower tools 4. The adjustment is performed independently of the camera 5, so the adjustment of the holding device is even maintained when the camera 5 is replaced.

20 A separate illumination system 52 can be associated with each camera 5 for achieving uniform illumination of the respective detection region 6.

An evaluation unit 53, is provided in the housing of the camera 5 for evaluating the image information obtained by the camera 5. The evaluation unit 53 is formed by a microprocessor or the like.

5 In the evaluation unit 53, the image information is assessed so as to permit the detection of endangered objects. In particular, endangered objects 54 and non-endangered objects 55 are distinguished. Endangered objects include the operator, more precisely his hands or
10 fingers. Non-endangered objects include, for example, the front walls of the folding press 1 or other static objects in the surrounding area of the folding press 1, especially the workpieces 2 to be machined.

In accordance with the invention, in the evaluation
15 unit 53, an assessment is performed to determine whether an endangered object 54 is located in a protection zone 7 inside the detection region 6. If this is the case, the evaluation unit disables the working 100 element to protect the operator. If, in contrast, there is no endangered 54
20 object in the protection zone 7, the evaluation unit 53 enables the operation of the working element 100.

To this end, a binary switching signal is transmitted to the control 57 of the working element 100 via a switching output 56 connected to the evaluation unit 53.

In the evaluation unit 53, the evaluation is performed as follows: Depending on whether an endangered object 54 is present in the protection zone 7, the binary switching signal has a specific switching state. The respective switching state is transmitted to the control 57 of the working element 100, whereupon the working element is enabled or disabled. The switching output 56 is advantageously connected to the control 57 of the working element 100 via a bus system.

To assure the necessary safety level in the respective monitoring process, the evaluation unit 53 with the associated hardware has, in part, a redundant design. The software for the evaluation unit also has a safety standard that corresponds to the safety level. Finally, the bus system is also advantageously embodied as a safety bus system 58.

In the simplest case, the protection zone 7 can be congruent with the monitoring region detected by the camera 5.

The protection zone 7 is advantageously limited to the regions inside the detection region 6, in which the operator is at risk. In the scenario illustrated in Figure 3, the protection zone 7 represents a three-dimensional partial region of the detection region 6, with the long-side border extending parallel to the fold lines of the upper tools 3 and the lower tools 4 in the detection region 6, the tools being located within the protection zone 7. Thus, the dangerous region at the upper tools 3 and lower tools 4 is detected directly with the protection zone 7.

The embodiment illustrated in Figure 3 has a warning zone 8 in addition to the protection zone 7. The warning zone 8 is disposed in front of the upper tools 3 and lower tools 4, and directly adjoins the protection zone 7. The protection zone 7 and the warning zone 8 have approximately the same dimensions, notably about the same cross-sectional surfaces.

A warning output 59, which controls a warning indicator 60 is associated with the warning zone 8 via the evaluation unit 53. In the evaluation unit 53, it is determined whether an endangered object 54 is located in the warning zone 8. Depending on the outcome, a binary signal is generated, with the respective switching state of

the signal being transmitted via the warning output 59. If an endangered object 54 is registered in the warning zone 8, the warning indicator 60 is activated by the generated switching state, so the warning indicator emits an

5 acoustical and/or optical warning signal.

 This signals to the operator that an endangered object 54 is located in the warning zone 8, and thus in the immediate vicinity of the protection zone 7. In particular, the operator is informed that his fingers or
10 hands are in the vicinity of the protection zone 7, so the operator can eliminate the threat of injury by removing his hands from the warning zone 8 without entering the protection zone 7, which would lead to an undesired disabling of the folding press 1.

15 In an advantageous modification of the invention, the direction of movement of an endangered object within the warning zone 8 is detected. In this case, the warning indicator 60 is only activated if an endangered object 54 inside the warning zone 8 is approaching the protection
20 zone 7.

 In principle, a detection region 6 detected by a camera 5 can be divided into a plurality of protection zones 7 and warning zones 8. Here, a separate switching

output 56 is associated with a protection zone 7, and a separate warning output 59 is associated with each warning zone 8.

The evaluation unit 53 disables the working element 100 if at least one endangered object 54 is registered in at least one protection zone 7.

Depending on the application, a separate warning indicator 60 can be provided for each warning zone 8. As an alternative, a plurality of warning outputs 59 can be associated with one warning indicator 60.

The states of the switching outputs 56 and the warning outputs 59 can be visually indicated in a suitable way, which requires appropriate display elements 61.

In the embodiment according to Figure 3, the visual display can be effected, for example, in the manner of a traffic light. If such a light displays a red light, this means that an endangered object 54 is located in the protection zone 7. A yellow signal corresponds to the presence of an endangered object in the warning zone 8, with an empty protection zone 7. A green signal indicates that there is no endangered object 54 in either the protection zone 7 or the warning zone 8.

The protection zone 7 and/or the warning zone 8 can be dimensioned, for example, through the input of parameters into the evaluation unit 53.

The evaluation unit 53 can, for example, be connected
5 to a computer, such as a PC, for starting up and
configuring the protective device. The mouse of the PC can
be used to graphically input the parameters for the
protection zone 7 and/or warning zones 8.

As an alternative, the protection zones 7 and/or
10 warning zones 8 can be dimensioned through a learning
process prior to the startup of the protective device.

Furthermore, regions inside the detection region 6
that are alternately activated and deactivated during the
monitoring process can also be defined in the described
15 configuration options. These regions can overlap the
protection zones 7. In the operating phase of the
protective device, these regions are preferably activated
at preset times. During these times, if an endangered
object enters such a region, the working element 100 is not
20 disabled or a warning signal is not emitted.

The definition of these regions is especially
practical if, for example, dangerous tools of a working
element 100 are disabled at preset intervals, so the

operator is not at risk in these regions during these time intervals.

The definition of the protection zones 7 and the warning zones 8 during the configuration is application-specific, and is adapted to the respective shape of the workpieces 2 to be machined with the working element 100.

In the embodiment according to Figures 1 through 3, pieces of sheet metal are bent. Their geometries can be read as CAD data files into the evaluation unit 53, so suitable protection zones 7 and/or warning zones 8 can be defined accordingly.

The regions in which the operator is allowed to hold the bending part for machining are advantageously also read with the CAD data files. The protection zones 7 and warning zones 8 can have a correspondingly-adapted embodiment.

In a particularly advantageous embodiment, visible optical light beams 62 indicate the borders of the respective protection zones 7 to the operator. For the beams, the apparatus of the invention includes a transmitter, which is actuated by the evaluation unit 53 and emits light beams in the visible range. The optical

light beams provide a visual indication of straight-line borders of the protection zones 7.

Finally, in the configuration of the protection device of the invention, the device can learn about endangered
5 objects and/or non-endangered objects during a learning process.

In the apparatus of the invention, a camera 5 continuously monitors a detection region 6, with the image information that has been generated in the camera 5 being
10 read into the evaluation unit 53.

According to a first variation of the method of the invention, a color-feature analysis serves in the evaluation of the image information.

The image information of the camera 5 is then read, as
15 color values, into the evaluation unit. The color-feature analysis aids in the distinction between endangered objects and non-endangered objects 53.

Each image of the camera 5 is formed by a pixel matrix, with specific color values of the base colors of
20 red, green and blue being associated with each pixel.

A threshold-value unit, which is a component of a neural network, assesses these images. In principle, the color values of the different base colors can be assessed

with separate threshold values that are generated in the threshold-value unit.

In the present embodiment, in the evaluation unit 53, a linear combination of the individual color values of the base colors is formed for each pixel of an image. The individual color values are weighted with weighting factors that are stored in the evaluation unit 53 or can be predetermined by the unit. This linear combination is assessed with a threshold value that has been generated in the threshold-value unit. In this way, a binary image is created from the color image generated in the camera 5. The threshold value and the weighting factors are adapted such that the endangered objects are, for example, bright regions of foreground pixels that stand out against a dark background of background pixels.

The threshold values and the weighting factors are advantageously determined during the learning process. At this time, the colors of the endangered objects are learned. The endangered objects are preferably the hands and/or fingers of the individual operating the working element 100.

In principle, the hands and/or fingers of numerous persons can also be learned.

As an alternative for the case of endangered objects comprising body parts, it is required that the persons wear a protective covering of a predetermined color. In this way, the parameters for the image evaluations are adapted
5 to the color of the protective covering.

In the binary images generated by the threshold-value unit, the endangered objects form connected regions of foreground pixels that stand out against the background pixels. Non-endangered objects such as the workpieces 2
10 and the working element 100 form the background pixels.

At isolated points, the binary image can be noisy due to pixel errors, so individual foreground pixels appear in the background region. These pixel errors can be eliminated through the application of morphological
15 operators. In the process, isolated regions of foreground pixels whose surface areas are smaller than a predetermined minimum surface area are eliminated. These minimum surface areas are selected to be significantly smaller than the surface area of the smallest endangered object to be
20 detected.

In accordance with a second variation of the method of the invention, the images that have been generated by the camera 5 and read into the evaluation unit 53 are compared

to reference images stored in the evaluation unit 53 for recognizing endangered objects within the protection zones 7 and/or the warning zones 8.

In an advantageous embodiment of the invention, the
5 images and reference images are converted into binary edge images prior to the comparison. For this purpose, the amounts of the gradients of the brightness distributions of an image or reference image are evaluated, preferably with a suitable threshold value. The binary edge images formed
10 in this manner, contain structures of lines on a homogeneous background, with the lines corresponding to the edges of the objects located in the detection region 6.

This evaluation renders the detection of objects extensively independent of the respective illumination
15 conditions, so fluctuations in brightness, such as changing sunlight, do not result in erroneous detections.

To further increase the verification reliability, the protection zone 7 is advantageously bordered at least partly by a reference object having a defined contrast
20 pattern. The reference object can be formed by, for example, a disk that has a characteristic surface pattern, and is mounted to the folding press 1 beneath a lower tool 4 such that it is positioned in the viewing field of the

camera 5. The surface pattern of the disk can be embodied, for example, as a colored striped pattern, so it is clearly distinguished from the color patterns of the endangered objects.

5 The comparison of the current images to the reference image containing the reference object allows the endangered objects in the protection zone 7 to be detected with a high reliability.

10 This method should not include a feature analysis of the objects entering the protection zone 7, so every such object is regarded as an endangered object 54.

15 In the machining of workpieces 2 by the working element 100, the workpieces 2 can enter the protection zone 7 at predetermined times during which the disabling of the working element 100 is undesirable.

20 For example, the operator must be able to insert and process a workpiece 2 embodied as a bending part between the upper tool 3 and lower tool 4 of a folding press 1 without the folding press 1 being unnecessarily shut down by the protective device.

 In an advantageous embodiment of the invention, therefore, in a learning process prior to the startup of the folding press 1, the camera 5 records the individual

steps for machining a workpiece 2, thereby recording and storing reference images for individual machining phases. The reference images specifically depict the workpiece 2 in different machining positions.

5 In the operating phase of the working element 100 that follows the learning phase, the camera 5 again records the same machining steps. A comparison of the recorded images to the respective reference images can reveal the intrusion of endangered objects, such as a person's hands or fingers.

10 The respective protection zones 7 and/or warning zones 8 can be selected to change over time for the individual machining steps.

 A particular advantage of this is that the comparison to the respective reference images permits the distinction

15 of endangered objects from the workpiece 2, which represents a non-endangered object 55. Consequently, the workpiece 2 located inside the protection zone 7 does not cause the protective device to unnecessarily disable the folding press 1. A suitable, time-dependent dimensioning

20 of the protection zones 7 and/or warning zones 8 allows the detection region to be flexibly adapted to the changing marginal conditions.

This method can encompass the following steps, for example:

In the learning phase prior to startup, a machining process is performed in its entirety with a workpiece 2 in the folding press 1.

First, the operator inserts the workpiece 2 into the folding press 1, so it lies inside the press 1. A retaining device may be utilized for this purpose. Because the upper tool 3 and the lower tool 4 are deactivated in this phase, the protection zone 7 is dimensioned such that the operator can reach into the region between the upper tool 3 and the lower tool 4. Particularly in this case, the protection zone 7 can also be bridged and completely deactivated.

Afterward, the operator removes his hands from the workpiece 2 and the fold line between the upper tool 3 and the lower tool 4, so a predetermined safety distance is exceeded. During this machining step, the protection zone 7 is dimensioned in the evaluation unit 53 to encompass the region of the upper tool 3 and the lower tool 4 up to this safety distance.

A foot switch initiates the lowering of the upper tool 3 toward the lower tool 4 until the workpiece 2 is held

without play between the upper tool 3 and the lower tool 4. Thus, the operator can no longer insert his hands or fingers between the upper tool 3 and the lower tool 4, so the folding press 1 no longer poses a threat to him.

5 The operator can therefore safely orient the workpiece 2 manually on the folding press 1. As soon as the workpiece 2 is oriented correctly on the folding press 1, its image is recorded along with the upper tool 3 and the lower tool 4 as a first reference image, and stored in the
10 evaluation unit 53.

 The bending process, in which the workpiece 2 is bent upward, is then initiated. The free end of the workpiece 2 is bent upward to an intermediate position. The bending process is only performed until a sufficient spacing is
15 present between the free end of the workpiece 2 and the upper tool 3 to prevent the risk of injury to the operator due to a so-called upper jaw clamp.

 In this position, a second reference is recorded and stored; this image depicts the positions of the upper tool
20 3 and the workpiece 2.

 During these processes, the operator is at no risk for injury, so the protection zone 7 can be selected to be correspondingly small.

Finally, the bending process of the workpiece 2 is completed, at which point the operator must remove his hands from the region of the workpiece 2, because the risk of injury is present again. A larger protection zone 7,
5 which is adapted to the safety distance that must be maintained, is advantageously specified in this phase.

After the learning process has ended, the folding press 1 is enabled, with the workpiece 2 being machined in the same machining sequence that was learned in the
10 learning process.

The operator first inserts the workpiece 2 between the upper tool 3 and the lower tool 4, which are deactivated at this time. The protection zone 7 is dimensioned such that this action does not lead to the disabling of the folding
15 press 1.

In the next machining step, the foot switch effects the lowering of the upper tool 3 until the workpiece is held without play between the upper tool 3 and the lower tool 4. In this phase, the protection zone 7 is
20 dimensioned such that an intrusion into the region of the fold line results in the disabling of the folding press 1.

The operator can then safely orient the workpiece 2 located between the upper tool 3 and the lower tool 4; the

present embodiment of the protection zone 7 prevents the disabling of the folding press 1 due to the manual access to the workpiece 2.

As soon as the workpiece 2 is oriented, the bending
5 process is initiated. The bending process is only started if the images currently being recorded in the camera 5 match the first reference image showing the oriented workpiece 2.

During the subsequent bending of the workpiece 2 to
10 the intermediate position, the operator can again manually guide the workpiece 2.

The current images of the camera 5 are compared to the second reference image to ascertain whether the intermediate position has been reached.

15 While the bending process continues from the intermediate position, operator intrusion into the region of the workpiece 2 again leads to the shutdown of the folding press 1.

To check the function of the protective device of the
20 invention, a self-test is performed at predetermined intervals. The self-test is advantageously performed periodically and automatically, that is, without external activation.

In the present embodiment, both a static self-test and a dynamic self-test are performed.

The static self-test essentially checks whether predetermined fixed points are present in the images generated by the camera 5. If the fixed points are absent, or have changed, an error message is generated and the working element 100 is disabled.

This static self-test utilizes the fact that the camera 5 remains oriented precisely in terms of position on the holding device, so certain objects, such as parts of the working element 100 or other equipment, building walls or the like, remain unchanged in the detection region 6 detected by the camera 5. During a learning process prior to the startup of the protective device, such objects are learned as fixed points and stored in the evaluation unit 53.

This static self-test is particularly used to check the functioning capability of the optical components of a camera 5.

In the dynamic self-test, a defined, preferably endangered, test object 64 is brought into the region of a protection zone 7 at predetermined times. If this test object 64 is not recognized at the predetermined times, the

working element 100 is not enabled, or if it is operating, it is disabled.

This dynamic self-test is advantageously performed before the protective device is started up. In principle, the dynamic self-test can also be performed during the operation of the protective device. In this case, however, it must be ensured that the location of entry of the test object 64, or its embodiment, distinguishes it from the endangered objects to be detected during the operation of the protective device. Afterward, the test object 64 is verified independently of the detection of endangered objects, and therefore does not impair the verification reliability of the protective device.

Figures 4 and 5 illustrate embodiments in which a printing press 9 constitutes the working element 100 monitored by the protective device of the invention.

Figure 4 shows a printing press 9 having a feeder 10 and an output. The feeder 10 forms the insertion region, in which paper sheets are drawn from paper stacks 11 and fed into the printing apparatus of the printing press 9. A chain conveyor 12 supplies the individual paper stacks 11, on pallets, to the feeder 10. In the region of the feeder 10, the paper stacks 11 are transported on a roller

conveyor 13. After the paper sheets have been printed, a second chain conveyor 14 in the output region transports them away from the printing press 9 in paper stacks 11 stacked on pallets. In the regions of the chain conveyors 12, 14 and the feeder 10, the traveling movements of the pallets with the paper stacks 11 represent a risk of injury for the operator.

In known printing presses 9, these detection regions 6 are secured by an enclosure that completely prevents operator access. However, this severely and unnecessarily limits the visibility and accessibility of the printing press 9. In particular, it is impossible or very difficult to position non-endangered objects in the detection region 6.

In the embodiment illustrated in Figure 4, a camera 5 is mounted above the printing press 9 such that the detection region 6 detected by the camera encompasses the regions of the feeder 10 and the chain conveyors 12, 14.

Monitoring with the camera 5 is performed analogously to the embodiments of Figures 1 through 3. In particular, the detection region 6 is again divided appropriately into protection zones 7 and possibly warning zones 8, inside which endangered objects can be detected.

Figure 5 shows a second embodiment of a protective device in a printing press 9. The printing press 9 corresponds to the printing press 9 according to Figure 4. In contrast to the protective device according to Figure 4, however, the protective device according to Figure 5 has two cameras 5. The detection region 6 detected by the first camera 5 encompasses the first chain conveyor 12 for supplying paper stacks 11 to the printing press 9.

The detection region 6 detected by the second camera 5 encompasses the second chain conveyor 14 for transporting paper stacks 11 away from the printing press 9.

The detection regions 6 recorded by the cameras 5 are dimensioned such that their widths are larger than the widths of the chain conveyors 12, 14. In this way, endangered objects can be detected before they have entered the region of the chain conveyors 12, 14. For orienting the operator, the borders of the protection zones 7 inside the detection regions 6 can be marked with lines on the floor of the room housing the printing press 9.

In the embodiments according to Figures 4 and 5, the paper stacks 11 transported on pallets are learned as non-endangered objects and stored in the evaluation unit 53 before the protective device is started up.

Figure 6 illustrates a feeder 10 of a printing press 9 that is monitored by a protective device having a camera 5. The embodiment of the printing press 9 corresponds to that of the printing press 9 according to Figures 4 and 5.

5 The feeder 10 essentially comprises a frame 15, inside which a paper stack 11 is disposed. A gripping element 16 draws paper sheets from the top of the paper stack 11 into the printing apparatus, not shown, of the printing press 9.

10 The camera 5 is mounted above the feeder 10 such that the detection region 6 detected by the camera 5 encompasses the top of the paper stack 11 and the gripping element 16. The protection zone 7 inside the detection region 6 is dimensioned to completely encompass the working region of the gripping element 16, which executes movements that
15 could injure the operator.

Figure 7 shows an embodiment of a protective device that serves to monitor the region in front of a working element 100 embodied as a working robot. In the present embodiment, a welding robot 17 constitutes the working
20 robot.

The welding robot 17 is located in an enclosed production cell 18 having an enclosure 19, which is provided with an access opening 20. Objects are introduced

into and transported out of the production cell 18 via the access opening 20. In addition, the operator has access to the production cell 18 via the access opening 20. The region of the access opening 20 constitutes the detection
5 region 6 monitored by the camera 5 of the protective device.

The detection region 6, which is again divided into one or more protection zones 7 and possibly warning zones 8, is located at a distance from the working region of the
10 welding robot 17. Consequently, if an endangered object enters a protection zone 7, the welding robot 17 is promptly disabled before the endangered object can pass through the protection zone 7 to the welding robot 17. In this case, persons constitute the endangered objects. Non-
15 endangered objects, such as the workpieces 2, that can enter a protection zone 7 are preferably learned and stored in the evaluation unit 53 prior to the startup of the protective device.

The invention has been described in detail with respect
20 to preferred embodiments, and it will now be apparent from the foregoing to those skilled in the art, that changes and modifications may be made without departing from the invention in its broader aspects, and the invention,

therefore, as defined in the appended claims, is intended to cover all such changes and modifications that fall within the true spirit of the invention.

THIS PAGE BLANK (USPTO)